Campus de São Carlos

***ANÁLISE DAS INCERTEZAS DOS PROCESSOS DE CHEGADAS NA
OPERAÇÃO DE UM TERMINAL INTERMODAL***

SÉRGIO RICARDO CHISTÉ SANTOS

ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO ALEXANDRE WIDMER

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

70186138

ANÁLISE DAS INCERTEZAS DOS PROCESSOS DE CHEGADAS NA OPERAÇÃO DE UM TERMINAL INTERMODAL

Sérgio Ricardo Chisté Santos

DEDALUS - Acervo - EESC

31100016544

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade
de São Paulo, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Transportes

ORIENTADOR: Prof. Dr. João A. Widmer

São Carlos

1998

Classe. IESE/EESC
 Cnt. 50868
 Tombo T 0176/98

st 0980104

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
 da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP**

S237a Santos, Sérgio Ricardo Chisté
 Análise das incertezas dos processos de
 chegadas na operação de um terminal intermodal /
 Sérgio Ricardo Chisté Santos. -- São Carlos, 1998.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia
 de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1998.
 Área: Transportes.
 Orientador: Prof. Dr. João A. Widmer.

1. Terminal intermodal. 2. Simulação. 3. Teoria
 das filas. 4. Pesquisa operacional. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Engenheiro **SERGIO RICARDO CHISTE SANTOS**

Dissertação defendida e aprovada em 13-4-1998
pela Comissão Julgadora:

Prof. Titular **JOÃO ALEXANDRE WIDMER (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

Prof. Doutor **JOSÉ REYNALDO ANSELMO SETTI**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

Prof. Associado **ARTHUR JOSÉ VIEIRA PORTO**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

Prof. Doutor **ANTÔNIO NELSON R. DA SILVA**
Coordenador da Área de Transportes

JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

“As respostas que se obtém através do
método científico tradicional estão
limitadas às percepções de nossos sentidos.
Existe há muito tempo uma superstição de
que todos os fenômenos, para serem
considerados reais, devem ser comprovados
pelas nossas percepções usuais”

Deepak Chopra

“Em cada minuto, uma escolha
Em cada escolha, um resultado.
Em cada resultado, uma experiência
Experimentar é viver”

Zíbia Gasparetto

“Depois destas coisas, olhei, e eis que estava uma
porta aberta no céu; e a primeira voz, que como de
trombeta ouvira falar comigo, disse: sobe aqui, e
mostrar-te-ei as coisas que destas devem acontecer”

APOCALIPSE 4,1

Ao meu pai,
cuja saudade e luz surgidas no meio do
caminho, foram transformadas em garra e
desejo de vitória.

À minha mãe e irmã,
minhas eternas incentivadoras.

AGRADECIMENTOS

Certamente um trabalho como esse não pode ser realizado sozinho. Antes de citar as pessoas que ajudaram de alguma maneira, gostaria de me desculpar por aqueles que porventura foram esquecidos. Gostaria que soubessem que simplesmente ter a consciência de que me ajudaram, já serve como reconhecimento.

Agradeço primeiramente ao meu orientador, Prof. João Alexandre Widmer, cuja sabedoria, amizade e parceria foram fundamentais para a realização deste.

À Luciana Perussi, agradeço com todo amor, pela paciência e pelo carinho que me dedicou durante o término do trabalho.

À Ana Paula Ianoni, cuja ajuda foi fundamental na simulação.

À Comercial Quintella, que forneceu os dados para o estudo de caso, sempre atendendo aos pedidos, às vezes inoportunos, sempre de prontidão.

Àqueles professores do Departamento de Transportes que me ajudaram na hora mais difícil.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

Se pudesse continuaria agradecendo nominalmente a todos, porém esta se tornaria a maior parte da dissertação. Espero não ter cometido nenhuma injustiça.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS.....	IV
LISTA DE ABREVIATURAS.....	V
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1-APRESENTAÇÃO	1
1.1-INTRODUÇÃO	1
1.2- ESTRUTURA DO TRABALHO	5
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1- FUNÇÕES DE TERMINAIS.....	6
2.2- ANÁLISE DE DESEMPENHO EM TERMINAIS.....	8
2.3- MODELOS ANALÍTICOS.....	14
2.4- MODELOS DE SIMULAÇÃO	17
3- MÉTODO.....	22
3.1- FLUXOGRAMA DO PROCESSO	23
3.2-	27
3.3- VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS DO MODELO	27
4- ESTUDO DE CASO	28
4.1- DESCRIÇÃO DO SISTEMA	28
4.2- DEMANDA	31
4.3- DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO	33
4.4- COLETA DE DADOS.....	35
4.5- PROCESSO DE CHEGADA DE BARCAÇAS.....	42
4.6- PROCESSO DE CHEGADA DE VAGÕES	43

4.6.1- <i>Análise dos intervalos entre chegadas sucessivas</i>	45
4.6.2- <i>Análise do número de vagões por grupo</i>	47
4.7- PROCESSO DE SAÍDA DE VAGÕES	50
4.8- ETAPAS DA SIMULAÇÃO	53
4.8.1- <i>Definição do problema</i>	53
4.8.2- <i>Formulação do modelo</i>	53
4.8.3- <i>Validação do modelo</i>	55
4.8.4- <i>Projeto de experimentos</i>	60
5- ANÁLISE DOS RESULTADOS	62
5.1- MOVIMENTAÇÃO FERROVIÁRIA	62
5.2- MODO RODOVIÁRIO	66
5.3- ESTOQUE DE SOJA E FARELO	67
5.4- ANÁLISE GLOBAL DOS RESULTADOS	69
6-CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	72
ANEXO A- ALGORITMOS DA SIMULAÇÃO	73
ANEXO B – RESULTADOS DAS DEZ REPLICAÇÕES	79
ANEXO C- TABELAS DOS RESULTADOS COMPARADOS	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
APÊNDICE 1- LISTAGEM DO PROGRAMA	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- PRINCIPAIS DETERMINANTES NO DESEMPENHO DE UM TERMINAL.....	9
FIGURA 2- CHEGADAS E ATENDIMENTOS EM UM SISTEMA COM ATENDIMENTO FIFO.....	15
FIGURA 3- EVOLUÇÃO DA FILA NO SISTEMA DE RESERVATÓRIO	16
FIGURA 4 A- FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO DO TERMINAL.....	24
FIGURA 4 B- FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO DO TERMINAL.....	25
FIGURA 4 C- FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO DO TERMINAL.....	26
FIGURA 5- MAPA DE SITUAÇÃO DO TERMINAL DA COMERCIAL QUINTELLA	29
FIGURA 6- QUADRO COMPARATIVO ENTRE OS CUSTOS E MODOS DE TRANSPORTE	30
FIGURA 7- FLUXOS POTENCIAIS DE CARGA PARA A HIDROVIA	32
FIGURA 8- FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DO TERMINAL E FILAS EXISTENTES	34
FIGURA 9- MOVIMENTAÇÃO DE CARGA NA COMERCIAL QUINTELLA EM 1995.....	36
FIGURA 10- MOVIMENTAÇÃO DE CARGA NA COMERCIAL QUINTELLA EM 1996.....	36
FIGURA 11- BALANÇO DA MOVIMENTAÇÃO DE SOJA NA COMERCIAL QUINTELLA NOS PERÍODOS DE ABRIL A AGOSTO EM 1995	38
FIGURA 12- BALANÇO DA MOVIMENTAÇÃO DE SOJA NA COMERCIAL QUINTELLA NOS PERÍODOS DE ABRIL A AGOSTO EM 1996	39
FIGURA 13- HISTOGRAMA REFERENTE ÀS CHEGADAS DE COMBOIOS EM 1995.....	42
FIGURA 14- HISTOGRAMA REFERENTE ÀS CHEGADAS DE EM 1996.....	42
FIGURA 15- CHEGADA DIÁRIA DE VAGÕES VAZIOS EM 1995.....	44
FIGURA 16- CHEGADA DIÁRIA DE VAGÕES VAZIOS EM 1996.....	44
FIGURA 17- HISTOGRAMA REFERENTE AO INTERVALO ENTRE CHEGADAS SUCESSIVAS DE GRUPOS DE VAGÕES VAZIOS NO PÁTIO DA COMERCIAL QUINTELLA EM 1996	46

FIGURA 18- AJUSTE GRÁFICO PARA O INTERVALO ENTRE CHEGADAS SUCESSIVAS DE GRUPOS DE VAGÕES VAZIOS EM 1996.....	47
FIGURA 19- HISTOGRAMA REFERENTE À CHEGADA DE GRUPOS DE VAGÕES VAZIOS NO PÁTIO DA COMERCIAL QUINTELLA EM 1996.....	48
FIGURA 20- AJUSTE GRÁFICO PARA O NÚMERO DE VAGÕES VAZIOS POR GRUPO DE CHEGADA EM 1996	49
FIGURA 21- ANÁLISE DO INTERVALO DE CONFIANÇA PARA A CHEGADA DE GRUPOS DE VAGÕES EM 1996 COM RELAÇÃO AS MÉDIAS CORRIGIDAS.....	50
FIGURA 22- SAÍDA DE VAGÕES EM 1995.....	51
FIGURA 23- SAÍDA DE VAGÕES EM 1996.....	52
FIGURA 24- COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES OBSERVADOS ACUMULADOS E SIMULADOS ACUMULADOS PARA AS CHEGADAS DAS BARCAÇAS EM 1996	58
FIGURA 25- COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES OBSERVADOS ACUMULADOS E SIMULADOS ACUMULADOS PARA AS SAÍDAS DE VAGÕES EM 1996	59
FIGURA 26- VALORES MÁXIMOS E MÉDIOS DO NÚMERO DE VAGÕES NO PÁTIO (VAZIOS+CHEIOS)	62
FIGURA 27- VALORES MÁXIMOS E MÉDIOS DO NÚMERO DE VAGÕES VAZIOS NO PÁTIO.....	63
FIGURA 28- VALORES MÉDIOS DA SIMULAÇÃO DO NÚMERO DE VAGÕES CHEIOS MÁXIMOS E MÉDIOS CHEIOS NO PÁTIO.....	64
FIGURA 29- VALORES TOTAIS MÉDIOS DE CHEGADA E SAÍDA DE VAGÕES.....	65
FIGURA 30- NÚMERO DE CAMINHÕES SIMULADOS CARREGANDO SOJA E FARELO	66
FIGURA 31- ESTOQUE DE SOJA SIMULADO NO TERMINAL.....	67
FIGURA 32- ESTOQUE DE FARELO DE SOJA SIMULADO NO TERMINAL.....	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Probabilidades referentes a sucessos e fracassos de chegadas de comboios ao terminal da Comercial Quintella em 1995 e 1996	43
TABELA 2- Valores obtidos no Kolmogorov-Smirnov para intervalos entre chegadas sucessiva em 1996.....	46
TABELA 3- Valores obtidos no Kolmogorov-Smirnov para chegadas de grupos de vagões em 1996.....	50
TABELA 4- Comparação entre os valores observados em 1996 e simulados para o cenário 0	56
TABELA 5- Características dos processos de chegadas simuladas e tempo de simulação para cada cenário.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS

BNDES- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CESP- Companhia Energética de São Paulo

FEPASA- Ferrovia Paulista Sociedade Anônima

GO- Estado de Goiás

IME- Instituto Militar de Engenharia

SP- Estado de São Paulo

TOFC- Trailer On The Flat Car

TSM- Terminal Simulation Model

RESUMO

Os terminais intermodais operam com modos de transporte com diferentes capacidades, e podem constituir pontos de gargalo no sistema de transporte. O objetivo deste trabalho é avaliar a influência que as incertezas nos processos de chegadas causam no desempenho e no dimensionamento do terminal. Na investigação de hipótese adotou-se o método de simular as condições operacionais de um terminal onde existem dados da operação atual. Para isto, coletaram-se dados referentes aos processos de chegadas de barcas e vagões a um terminal intermodal fluvial localizado na hidrovia Tietê-Paraná. A operação do terminal foi simulada utilizando o software ARENA, representando o período de 150 dias, correspondente a safra de soja. Concluiu-se que a variação estocástica nos processos de chegadas de barcas e vagões possuem forte influência no desempenho do terminal, e que uma melhoria na gerência operacional desses processos pode representar ganhos consideráveis para os agentes envolvidos..

ABSTRACT

The difference in the arrival flow of cargo carried in vehicles of different loading capacities usually transform intermodal terminals into bottlenecks of the transportation system. The aim of this study is to evaluate the influence of the uncertainties in the sizing of an intermodal terminal. Data obtained from the observation of arrival process of barges and trains to a grain intermodal terminal located at Tietê-Paraná inland waterway is used in a case study. The operation of the terminal during the 150-day harvest period of soy beans is simulated using the ARENA software. It is concluded that the stochastic variation in the arrival processes of barges and trains have strong influence on the terminal performance, and that better management of these processes would provide considerable gains to all operation in the partners.

1- APRESENTAÇÃO

Neste capítulo será apresentada uma introdução sobre o tema desenvolvido nesta dissertação, sua justificativa, seu objetivo e por último, será colocada a forma em que o trabalho foi estruturado.

1.1- INTRODUÇÃO

Dentro do sistema de transportes, os terminais intermodais, sejam eles de passageiros ou de carga, podem representar pontos de gargalo ou congestionamento caso ocorram descontinuidades de fluxos.

Essas descontinuidades de fluxo podem resultar de deficiências de projeto, como um dimensionamento equivocado dos pontos de interface de chegadas e saídas no terminal e canais de atendimento, provocando filas que poderiam não existir ou serem minimizadas. As falhas podem ser também de caráter operacional ou gerencial. Nesse caso tem-se como exemplos a falta de programação dos horários de chegadas e a falta de sincronismo entre os fluxos no processamento dentro do terminal.

Um terminal intermodal opera com unidades de transportes de diferentes capacidades, sendo necessário, portanto, que se possua uma área destinada a armazenamentos bem dimensionada. Para que este dimensionamento seja feito corretamente é necessário que se tenha um sistema de informação eficiente dos processos de chegadas.

O sistema ferroviário deve atuar como parceiro em operações intermodais, principalmente nos locais em que é possível a integração com o modo hidroviário, conectando desta maneira dois dos tipos de transporte que apresentam menor custo.

Acredita-se que a melhor forma de se baratear o custo de transporte dos produtos vindos do interior do país aos portos que exportam grãos para o mercado externo seja com a minimização do uso do modo rodoviário, que deve atuar apenas nas extremidades do sistema, ou seja, juntos às áreas produtoras e consumidoras. No restante, deve-se procurar, uma maximização do transporte hidroviário tendo como alternativa uma integração eficiente com o modo ferroviário.

Porém, falhas de gerenciamento e operação do sistema ferroviário, constituem um problema para o escoamento da safra no interior do Brasil até os mercados consumidores.

A necessidade de unidades armazenadoras maiores, causada pelas descontinuidades de fluxos dentro de um terminal, pode ser responsável para uma elevação do preço final do produto, pois o investimento em armazéns e o tempo de armazenamento são embutidos no preço final do produto.

No modo hidroviário também ocorrem falhas que prejudicam o desempenho do sistema de escoamento de grãos: falta de dragagem no canal de navegação, ausência de sinalização e restrições no tamanho dos comboios de carga.

Informações do Ministério dos Transportes (1993) mostram que somente 2% do transporte de carga no Brasil ocorre por meio de hidrovias interiores. Esse dado deve sofrer alterações nos próximos anos devido a dois fatos ocorridos. Um primeiro foi a inauguração da hidrovia do Rio Madeira em

1997, que conseguirá atingir os mercados internacionais com uma redução de 40% no preço final do produto. O outro foi a inauguração da eclusa de Jupia em 1998, estendendo a hidrovia Tietê-Paraná para 2400 km de trecho navegável chegando até a usina de Itaipu. Estes dois investimentos são favoráveis pois devem incentivar um plantio maior de soja no cinturão norte Estado do Mato Grosso e beneficiar o escoamento de carga no interior do país.

Ainda é pouco pelo potencial hidroviário que o Brasil possui, visto que este tipo de modo é, segundo HAEFNER (1983), o que oferece as melhores oportunidades de transporte no que diz respeito a eficiência, produtividade e consumo de energia.

Segundo o Ministério dos Transportes (1993), o custo de transporte das áreas de produção até o centro consumidor aumenta três vezes em relação a outros países devido às condições degradadas dos subsistemas e das malhas, da ausência da coordenação operacional, tarifária e institucional dentre os diversos modos de transporte e da reduzida participação do transporte hidroviário e ferroviário.

Este trabalho justifica-se pela carência de estudos sobre terminais intermodais do sistema hidroviário no país e pela necessidade de se avançar em pesquisas sobre o efeito das incertezas operacionais sobre um sistema em que o sincronismo permite substanciais ganhos de eficiência. Quanto maior e melhor a integração entre os modos de transporte, maiores serão os benefícios para a economia brasileira.

Além disso, verifica-se um quadro favorável ao crescimento do transporte de carga por hidrovias. É recomendável portanto, que se estude a eficiência do sistema, de maneira que, os agentes de transporte que possuam interesse em operar no escoamento de grãos consigam planejar melhor seus investimentos.

Os objetivos deste trabalho, portanto, são:

1. Investigar e caracterizar os processos de chegadas de barcas carregadas a um terminal intermodal de grãos;
2. investigar e caracterizar os processos de chegadas de vagões vazios e saídas de vagões cheios e caminhões de um terminal;
3. analisar operacionalmente um terminal;
4. verificar se há ou não sincronismo entre os agentes modais envolvidos;
5. simular a operação de um terminal;
6. verificar se o dimensionamento das unidades armazenadoras foi feito de acordo com as reais necessidade de armazenamento.

1.2- ESTRUTURA DO TRABALHO

Os capítulos encontrados a seguir foram divididos com a seguinte estrutura:

O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, onde procurou-se textos referentes ao desempenho de terminais e suas funções, modelos de simulação e modelos derivados da teoria de filas.

No capítulo 3 é apresentado o desenvolvimento do trabalho que consta do estudo de caso, sendo descrito o terminal em estudo.

O capítulo 4 apresenta a análise operacional e estatística do terminal, definição dos parâmetros e considerações para a implementação do simulador, e por fim uma descrição da simulação.

No capítulo 5 encontram-se os cenários simulados e respectivos resultados encontrados e a discussão dos mesmos.

No capítulo 6, por fim, são apresentadas as conclusões referentes ao trabalho e as sugestões para pesquisas posteriores.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentada a revisão da literatura realizada para a fundamentação do trabalho. Nesta etapa do trabalho procurou-se entender inicialmente as principais funções de terminais. Em seguida, procurou-se trabalhos que avaliassem o desempenho de operações intermodais dentro dos terminais e dos seus componentes, assim como dos meios de transporte que compõem a operação. Levantou-se também outros que mostrassem modelos de simulação de operações em terminais intermodais. Por constituir-se na base de análise operacional e de simulação, o aprendizado em teoria de filas foi necessário para a elaboração do trabalho.

2.1.- FUNÇÕES DE TERMINAIS

Os terminais são pontos de entrada e saída de cargas e pessoas dentro do sistema de transportes, sendo considerado um componente essencial para todos os modos de transporte e responsáveis também por possíveis pontos de congestionamento (MORLOK, 1978).

Segundo o mesmo autor, os terminais devem permitir a transferência de carga e pessoas para outros modais, de maneira eficaz e com um fluxo contínuo de acordo com a demanda.

Para WRIGHT & ASHFORD (1982), os terminais devem atender a oito funções básicas para obter eficiência na operação:

1. concentração de tráfego: pequenas unidades de carga são agrupadas em unidades maiores para que se tenha uma maior eficiência no processamento das mesmas;
2. processamento: as cargas devem ser processadas de maneira a permanecer o mínimo possível dentro do terminal, caracterizando-o assim como estação de transbordo e não de armazenagem;
3. classificação: as cargas devem ser classificadas e agrupadas de acordo com o destino e o tipo;
4. carregamento e descarregamento: as cargas devem ser movidas para armazéns temporários até que se tenha quantidade disponível de produto para ser despachado;
5. armazenagem: deve haver instalações de armazenagem para que se permita um agrupamento da carga;
6. interface de tráfego: os terminais devem permitir a integração dos modos de transporte;
7. Disponibilidade de serviço: os terminais funcionam como interfaces, devendo dentro do sistema de transporte funcionar com disponibilidade para atender a demanda;
8. Serviços de manutenção: dentro dos terminais devem haver instalações que permitam, em alguns casos, manutenção, limpeza, abastecimento de veículos etc..

2.2 ANÁLISE DE DESEMPENHO EM TERMINAIS

Os pontos de interface intermodal representam, dentro da cadeia de transportes, pontos críticos de escoamento do sistema. (FERREIRA & SIGUT, 1993). Estes autores procuraram reduzir os custos operacionais do transporte de carga e aumentar a qualidade de serviço prestado ao usuário, através de medidas de desempenho dos terminais. A metodologia utilizada foi a simulação com o objetivo de definir as decisões operacionais que reduziriam os custos operacionais e de capital, aumentando assim a satisfação do usuário. A figura 1 mostra os principais agentes que determinam o desempenho de um terminal.

As medidas necessárias ao gerenciamento variam de acordo com o objetivo a ser alcançado e deve-se levar em consideração os custos e a viabilidade da coleta de dados, em relação ao ganho que este controle gerencial trará. (CLEMENTS & HOOPER, 1987) Apud (FERREIRA & SIGUT, 1993) e (OUM et al. 1992), determinaram um conjunto de medidas de produtividade em terminais de transporte. As medidas de produtividades parciais são apropriadas para a gerência do terminal e monitoramento do desempenho, enquanto que medidas de qualidade globais servem para uma análise comparativa entre terminais.

FIGURA 1- Principais determinantes no desempenho de um terminal.

Fonte: baseado em (FERREIRA & SIGUT,1993)

MARTLAND (1992), analisando medidas de produtividade sobre a ótica gerencial de sistemas ferroviários afirma que “a produtividade deve integrar o conjunto de medidas que represente custos, impostos, tempo de viagem e confiança”.

A produtividade pode ser definida como a razão de saídas por entradas de um processo ou de um serviço determinado. Além disso, é exposto pelo autor que para se estruturar um conjunto de medidas de desempenho integrados, deve-se atuar em níveis estratégicos, sendo cada nível definido de acordo com o objetivo a ser alcançado (MARTLAND, 1992).

O controle dos pátios dos terminais são importantes em termos de custos e qualidade do serviço prestado. Segundo (MARTLAND,1992), alguns problemas são visíveis no pátio, porém não possuem sua origem no mesmo. Por exemplo, se não houver uma programação no envio de locomotivas para

que haja saída de vagões, o pátio constituirá um problema, porém a origem do problema não está nele, e sim em um agente externo ao terminal.

OUM et al. (1992) discutem conceitos alternativos de produtividade e métodos de medida, defendendo a idéia de que diferentes medidas de desempenho servem para responder a determinadas questões específicas. Além disso, dividiram a produtividade em dois tipos de categorias: medidas globais de produtividade ou medidas de produtividade parciais. Esses autores afirmam que existe uma ampla literatura sobre a formulação e estimação de medidas de produtividade em transportes. Afirmam ainda que em algumas academias o objetivo é o refinamento das medidas globais, principalmente com os estudos de economia de escala versus redução de custos.

OUM et al.(1992) discutem que a idéia básica de produtividade é “a comparação de saídas com entradas; mais especificamente, como as relações de troca entre saída / entrada através do tempo são diferentes entre indústrias”. Um desejo comum para se medir o desempenho é o interesse em modificar algo que possa estar aquém do esperado. Os autores identificaram alguns parâmetros que podem ser medidos:

- 1- medidas de desempenho individuais ou de departamentos em uma empresa;
- 2- a influência da produtividade nos preços;
- 3- medida de desempenho de uma empresa ao longo do tempo;
- 4- comparação de desempenho entre empresas, indústrias ou países.

Como conclusão principal, os autores destacam que medidas de produtividade parcial são utilizada para responder a questões referentes à eficiência das operações, enquanto que medidas globais servem para analisar a capacidade de uma empresa.

RADZIKOWSKI (1983) afirma que os terminais que possuam uma interface composta por água e terra constituem parceiros importantes no

sistema de transporte. A competição entre terminais tem feito com que haja a necessidade de aumentar a produtividade reduzindo os custos da movimentação de contêineres. O autor afirma ainda que as ferrovias devem interagir de forma mais eficiente com outros modos de transporte, de modo a se tornarem mais competitivas. Duas das maneiras de se determinar a eficiência global de redução de custos de movimentação de contêineres são a melhoria da interface com a ferrovia e a descarga das embarcações.

HÉJJ(1983) mostra as vantagens da intermodalidade entre caminhões e trens comparando oito técnicas de operação.

TUBINO (1995) apresenta técnicas que visam apoiar a implantação da filosofia de “just-in-time” entre transportadoras e clientes.

CHOW & POIST (1983) determinaram um conjunto de parâmetros que são medidos freqüentemente pelos usuários para avaliação da qualidade do serviço prestado.

CRUZ & PEREIRA (1995) criticam a quantidade de trabalhos referentes ao planejamento e dimensionamento de terminais, ressaltando a importância de se estudar terminais que já estejam em operação. Os autores ainda afirmam que é necessário formular os objetivos ao longo do tempo, controle, níveis de serviço e confiabilidade dos terminais. Eles ressaltam que os objetivos de um terminal especializado são: o maior controle da operação, a melhoria das relações de informações, a redução do tempo de estadia de carga no terminal e a redução dos custos do terminal. Os autores concluem, “...com relação ao estudo de terminais especializados, o enfoque sistêmico e o conhecimento de seus níveis de serviço ainda é muito pouco discutido no país. É importante afirmar que a melhoria e o desenvolvimento da estrutura dos terminais especializados está diretamente ligada à melhoria das relações de

comércio exterior fundamentais para o equilíbrio da balança de pagamentos do país.”

Por outro lado, GUALDA (1995) fez uma síntese das pesquisas realizadas na área de planejamento e operações de terminais, definindo método científico, modelos, pesquisa operacional, e afirma que cada componente de um terminal deve cumprir a sua função de acordo com alguns fatores como características das cargas, dos veículos e do próprio objetivo de funcionamento do terminal. Define a capacidade de um terminal como sendo “o nível máximo de um dado tipo de demanda que pode ser imposto ao terminal em um período de tempo, sem violar nenhum dos critérios de níveis de serviços estipulados para o terminal como um todo, assim como para qualquer um dos subsistemas.”

Foram encontrados na revisão, diversos trabalhos que tratam do problema do envio de vagões. A seguir apresenta-se uma síntese de alguns dos artigos que tratam dos motivos que transformam o envio de vagões em variável aleatória.

MARTLAND & McCORD (1983) estudaram o desempenho de vagões ferroviários, envolvendo a movimentação de vagões vazios de um ponto de descarga até um novo ponto de carregamento. Foram analisados os seguintes parâmetros: tempo que o vagão permanece vazio, distância percorrida com o vagão vazio, custo de distribuição e a qualidade do serviço refletida pela disponibilidade de vagões de acordo com a quantidade demandada pelo cliente.

KORNHAUSER & SHAN (1983) desenvolveram um algoritmo para a redução da distância percorrida por vagões vazios de acordo com a demanda solicitada.

No Brasil, SINAY & TORRACCA (1996) desenvolveram um procedimento para alocação de cargas em um sistema ferroviário de forma a maximizar a sua rentabilidade. Esta rentabilidade é definida pelos autores como sendo a diferença entre as receitas e custos de transporte, possuindo como restrições o material rodante, capacidade das vias e terminais.

MARAGNO & PEREIRA (1995), apontam alguns fatores que influenciam no comportamento do usuário para a utilização da ferrovia: capacidade ofertada em tempo e lugar, confiabilidade do deslocamento, regularidade da oferta, rapidez do transporte e o preço. Além desses, os autores citam também que deve haver um desempenho operacional satisfatório, visando a otimização de recursos que são: tempos mínimos de carga e descarga e formação de trens, regularidade nessa formação, boa e contínua qualidade nos serviços, segurança da via e desempenho estável, aliados à disponibilidade de veículos.

NASCIMENTO et al. (1991) desenvolveram um modelo de distribuição de vagões vazios, trabalhando de maneira dinâmica, ou seja, com uma rede espaço tempo esquemática, que representa os vários caminhos que os vagões podem percorrer para alcançar seus objetivos num determinado tempo. Para o funcionamento do modelo é necessário que haja um sistema de informações em tempo real, uma comunicação eficiente entre os centros de controle operacional e as estações, além de dados referentes às previsões de ofertas e demandas de vagões vazios, de custos de transporte, de estoque e de falta e ainda de dados físicos do sistema ferroviário.

O modelo segue as seguintes etapas:

- 1- levantamento das demandas dos clientes com previsão de n dias;

- 2- levantamento das ofertas de vagões vazios nos pátios, tanto dos vagões estacionados quanto dos vagões liberados pelos clientes;
- 3- levantamento dos vagões em trânsito;
- 4- elaboração da matriz oferta / demanda de vagões vazios nos pátios;
- 5- montagem da rede espaço tempo.

MARAGNO & PEREIRA (1994) defendem uma promoção de polos concentradores de cargas, visando o desenvolvimento da multimodalidade no país, fazendo com que cada modal atue dentro de sua melhor faixa econômica em função das distâncias e das características das cargas. Os autores ainda propõem e justificam que a ferrovia deva se tornar a rede viária principal dentro da filosofia de atendimento porta a porta.

ARAGÓN (1994) aborda o problema de programações de locomotivas quando existe um cronograma fixo de trens e locomotivas de vários tipos.

2.3- MODELOS ANALÍTICOS

Os fenômenos de acúmulo em cada um dos subsistemas podem ser representados por técnicas descritas na literatura sobre a teoria das filas. A seguir serão mostrados alguns trabalhos básicos encontrados na literatura referentes ao assunto.

NEWELL (1982) define esta teoria como sendo o “uso de técnicas matemáticas para analisar o fluxo de objetos através de alguma rede”. Já KLEINROCK (1975), refere-se a teoria de filas como sistemas de fluxos onde ocorre movimentação ou transferência de objetos, através de um ou mais canais de atendimento, em ordem, de um ponto a outro do sistema. Compartilhando essas opiniões, LARSON & ODONI (1981) afirmam que “os trabalhos com teoria de filas devem, antes de tudo, escolher um sistema de interesse do mundo real, estudá-lo, e criar ou escolher um modelo matemático já existente na teoria das filas para representar o processo”.

Os sistemas de filas são caracterizados por uma distribuição de chegada de consumidores ao sistema, tempo atendimento, números de servidores e pela disciplina que rege a operação do sistema.

Uma maneira de se estudar todo o processo de maneira simples e eficiente é a utilização de gráficos de chegadas e saídas acumuladas ao longo do tempo (LARSON & ODONI, 1981) e WIDMER (1989). Com esse recurso, visualizam-se as razões de chegada e atendimento, comprimentos instantâneos ($N(t)$) e médios da fila, tempos instantâneos ($E(t)$) e médios de espera. Na figura 2, mostrada a seguir, a fila segue o regime FIFO (First In First Out), ou seja, o primeiro que chega é o primeiro a ser atendido, respeitando a ordem de chegada.

FIGURA 2- Chegadas e atendimentos em um sistema com atendimento FIFO.

WIDMER (1989), agrupou em um único texto técnicas de aproximações determinísticas e estocásticas. Apresentou também uma maneira de se analisar a sensibilidade das medidas de desempenho a técnicas de representação alternativas e sua interferência operacional sobre o sistema. Discutiu o nível de precisão esperado dos resultados versus o nível de conhecimento sobre o fenômeno, a necessidade da escolha da escala de tempo compatível com as medidas de mérito a serem analisadas e a influência de

interferências na operação do sistema, onde a técnica de modelagem deve considerar que o tempo de atendimento e sua variância podem ser reduzidos através de medidas de melhoria de produtividade tais como: desenvolvimento tecnológico, treinamento de atendentes etc.. Outra forma de melhoria no sistema seria a redução da aleatoriedade no sistema de chegadas permitindo assim um dimensionamento e um planejamento mais eficaz no dimensionamento do servidor.

Outra maneira de se analisar a evolução da fila ao longo do tempo e verificar os períodos em que possam ocorrer extrapolações na capacidade do sistema é utilizar o sistema de reservatórios, apresentado por SETTI (1990).

Neste sistema, o tamanho da fila é o volume de líquido no reservatório, e determinando-se a capacidade de operação do sistema consegue-se encontrar os períodos em que houve o transbordo do reservatório. (Figura 3)

FIGURA 3- Evolução da fila no sistema de reservatórios

Para uma caracterização do processo e escolha do modelo de filas necessário ao estudo deve-se analisar inicialmente os processos de chegadas. (NOVAES, 1975). Para se descrever o processo de chegadas deve-se estudar a função de distribuição de probabilidade do tempo entre intervalos sucessivos

dos eventos de chegada e o número de indivíduos ou unidades que aparecem em cada um destes eventos.

2.4- MODELOS DE SIMULAÇÃO

Após a análise operacional do terminal, foi implementada a simulação utilizando como ferramenta o software ARENA.

Para MORLOK (1978), a idéia básica da simulação é modelar um processo, com atenção aos eventos que ocorrem em processos contínuos. Ainda segundo este autor, os resultados da simulação são caracterizados por probabilidades.

Para WRIGHT & ASHFORD (1982) e GUALDA (1995) para se conduzir um estudo de simulação são necessários cinco passos, semelhantes a representação das etapas do método científico:

1. Definição do problema - onde se determina o objetivo do estudo e o estado do problema;
2. Formulação do modelo e montagem do programa computacional - nesta etapa encontra-se a determinação do comportamento de cada componente do sistema, assim como chegadas, atendimentos e saídas do sistema;
3. Validação do modelo - nesta fase ocorre a comparação dos resultados do modelo com os dados empíricos.
4. Projeto de experimentos - com o modelo validado, pode-se então testar o comportamento do sistema sob vários aspectos e variáveis.
5. Análise dos resultados - os modelos de simulação munem os operadores a tomarem decisões mais acertadas, como exemplo, “o analista deseja avaliar o efeito de suas decisões sobre o comprimento das filas, atrasos, e outras medidas produtividade”.

GUALDA (1995), apresenta duas metodologias para a concepção e o dimensionamento de um terminal intermodal de carga, sendo que em um dos

casos a metodologia proposta é para terminais rodoferrofluviais de pequeno e médio porte, como é o caso do terminal em estudo neste trabalho. A metodologia proposta, é constituída de quatro etapas: especificação do problema, caracterização e dimensionamento dos componentes, geração de alternativas, avaliação das alternativas e seleção da solução a adotar. O autor constatou a pouca disponibilidade de publicações voltadas especificamente para terminais multimodais de carga.

McCabe & Carberry (1975) apud SETTI (1990), divide os modelos de simulação em duas categorias:

1. Modelos de avaliação, que são macroscópicos e determinísticos;
2. Modelos orientados no tempo, que são modelos microscópicos e descrevem o movimento de passageiros individualmente, Estes modelos podem ser subdivididos em duas classes: discretos, que representam trocas de estado que ocorrem em pontos isolados no tempo; e contínuos, que são representados por um conjunto de equações que utilizam variáveis contínuas no tempo para descrever o comportamento do sistema.

WONG et al. (1983) desenvolveram um modelo de simulação (TANDEM) para terminais de contêineres, onde o processamento pode ser visto através de várias filas desde o pier até o vagão. Para o desenvolvimento do modelo utilizaram como sistema de simulação o GPSS, que foi originalmente desenvolvido pela IBM para facilitar a construção de modelos que representassem sistemas de filas. A consideração operacional adotada foi a minimização do movimento dentro do terminal. O TANDEM utiliza a programação de chegadas de navios ou trens ao terminal e a capacidade de carregamento de cada navio ou trem de acordo com o tipo de contêiner. Foi incrementado também o número de caminhões que chegavam no dia por intervalos de 10 minutos, sendo determinado para cada caminhão o tipo de contêiner que o mesmo transportava. Este simulador possui como elementos

ativos no sistema as entidades físicas, isto é, caminhões, trens, navios. O programa gera essas entidades de acordo com o tempo de simulação especificado. Como saída, o modelo fornece as seguintes informações: tempo de espera de cada tipo de contêiner, tempo de espera no pátio ou o número de contêineres em fila esperando o processamento, tempo de carga e descarga do navio ou trem. A cada execução do modelo é realizada uma análise de desempenho de um conjunto de características operacionais do terminal. Para encontrar o conjunto de parâmetros ótimos, é feita uma análise paramétrica dos dados, que consiste em variar os dados de entrada até que se encontre a situação de operação mais favorável.

GOLDEN & WOOD (1983), desenvolveram uma simulação detalhada da operação de um terminal intermodal rodoferroviário. O programa desenvolvido está apto a criar uma variedade de configurações no terminal, trens e tráfegos, emitir relatórios e gráficos de saída. O TSM (terminal simulation model), permite uma avaliação da produtividade de um terminal TOFC (trailer on the flat car). Este simulador é baseado em eventos, filas e processadores, sendo feito com base em 24 horas e incremento de 1 minuto.

SMITH (1983) procurou incorporar aos modelos de simulação uma interação com as tomadas de decisões em terminais intermodais, combinando métodos automáticos e interativos. O autor afirma que a maioria dos terminais intermodais possui uma operação complexa que dificulta a avaliação de alternativas através da modelagem analítica, justificando assim o uso da simulação para testar várias condições operacionais de um terminal com rapidez e baixo custo. O autor afirma também que a simulação é apropriada porque consegue representar as atividades do terminal ao longo do tempo e a intensidade dos picos.

No Brasil, DEXHEIMER (1997) realizou um estudo com o objetivo de desenvolver um procedimento para a racionalização das operações realizadas

em terminais intermodais de carga visando reduzir a interferência causada pelos mesmos no fluxo de transporte. Neste trabalho, a autora destaca as operações realizadas nos terminais, e utiliza como instrumento para a análise operacional, a teoria das filas e justifica a utilização da simulação devido à complexidade do sistema estudado. O modelo utilizado foi o SIMUL, que é um sistema computacional para a simulação de eventos discretos desenvolvido pelo IME. O trabalho foi desenvolvido a partir de um terminal hipotético rodoferroviário, do tipo retroportuário alfandegário, para movimentação de contêiner.

JESUS et al. (1991) propuseram um modelo de simulação com o objetivo de obter a melhor configuração de um terminal rodoferroviário de combustível, proporcionando o dimensionamento de trens necessários ao atendimento da oferta de transporte de combustíveis, proveniente das fontes produtoras. Os autores também utilizaram o SIMUL e definem simulação como sendo a técnica de pesquisa operacional que permite o estudo de problemas do mundo real, que dificilmente teriam, ou não teriam, possibilidade de solução analítica. Foi simulado um terminal rodoferroviário de combustível, onde a chegada é feita por rodovia, sendo o produto descarregado e armazenado a espera de vagões. Neste caso, procurou-se encontrar a melhor forma de se compor os comboios ferroviários.

Após uma análise dos artigos encontrados na revisão bibliográfica, observa-se, de uma maneira geral, que a preocupação foi sempre o auxílio à concepção e dimensionamento de terminais ou a racionalização operacional e gerencial de terminais já existentes. Em nenhum dos artigos encontrou-se uma ligação entre os estudos de processos gerenciais atuais com o planejamento de futuros terminais.

Os artigos encontrados na literatura sobre análise de desempenho de terminais ressaltavam a importância no sincronismo de operações de chegadas. Porém, em nenhum dos artigos foi encontrada uma análise operacional dos processos de chegadas em terminais com uma avaliação quantitativa da influência da aleatoriedade sobre o dimensionamento e funcionamento do terminal.

Nesse contexto o estudo proposto representa uma contribuição ao conhecimento referente ao efeito do sincronismo entre as operações de chegada e saída em terminais intermodais sobre o dimensionamento da capacidade de armazenagem.

3- MÉTODO

A motivação inicial do trabalho foi a investigação do efeito da aleatoriedade do envio de vagões graneleiros da FEPASA a terminais de parceiros comerciais de um modo geral, e ao terminal hidroferroviário da Comercial Quintella em Pederneiras em particular.

Para estudar o fenômeno e avaliar o impacto dos processos de chegada e saída dos terminais sobre o dimensionamento das áreas de armazenagem escolheu-se o método de simulação por evento em detrimento ao uso de modelos analíticos de representação de filas e estoques pelas razões a seguir expostas:

- a) é comum terminais intermodais graneleiros processarem mais de um produto, o que gera um problema de multi-classes de difícil tratamento analítico;
- b) os processos de chegadas de barcas e de chegadas e saídas de vagões possuem funções distribuição de probabilidades de difícil tratamento matemático em modelos analíticos;
- c) existem dois sistemas de chegadas distintos quando há somente as barcas e trens envolvidos e três quando se considera o modal rodoviário;
- d) normalmente existe a possibilidade de interferência operacional no sistema priorizando operações (escolha de um produto a ser descarregado ou a ser carregado para evitar a ocorrência de situações críticas);

Com o atual estágio de desenvolvimento de simuladores para microcomputadores e as capacidade de processamento desses equipamentos, os

modelos de simulação permitem a geração rápida de diversos cenários operacionais alternativos.

A escolha pelo simulador ARENA da Systems Modelling Corporation foi devida ao fato de ser este um pacote dos mais recentes disponíveis no mercado, com capacidade de representar visualmente o fenômeno simulado, ter embutido um pacote de análise estatística e ter, em princípio, uma facilidade de interface com o sistema operacional microsoft/office, o que favorece o preparo dos dados e a análise dos resultados da simulação.

Para validar o modelo em termos da sua representatividade do fenômeno em análise adotou-se o procedimento comum de aplicá-lo a um estudo de caso para o qual seja possível coletar uma amostra estatisticamente satisfatória.

Do ponto de vista de descrição do sistema adotou-se a técnica de representação por um fluxograma que contenha os processadores e a sua conexão lógica.

3.1 FLUXOGRAMA DO PROCESSO

Apresenta-se neste item uma listagem dos processadores e o fluxograma relativo a um terminal hidro-ferro-rodoviário que processa dois produtos a granel que requerem técnicas de estocagem distintas como o que será simulado no estudo de caso.

Identificaram-se os seguintes processadores no Terminal Quintella:

- píer de descarga;
- sugador;
- esteira;
- controlador de fluxo;
- dispositivos de armazenagem, (silos e armazém)
- balança;
- píer de espera de barcas

- pátio de espera de vagões;
- estacionamento para caminhões;
- bomba de combustível.

A seguir serão apresentados os fluxogramas referente à operação do terminal:

Figura 4-A - Fluxograma de operação do terminal

Figura 4-B Fluxograma de operação do terminal

Figura 4-C - Fluxograma de operação do terminal

3.2 VALIDAÇÃO DOS PROCESSOS DE CHEGADAS E SAÍDAS

Como se trata de um terminal intermodal, foram caracterizados os processos de chegadas e saídas dos modais existentes no local de estudo. Foram coletados dados de chegadas de comboios e chegadas e saídas de vagões ferroviários no período correspondente a duas safras. Além desses, foram coletados também dados referentes a pesagem de caminhões..

Em seguida, fez-se uma análise estatística dos dados utilizando os testes Kolmogorov-Smirnov e o ajuste gráfico.

Com isto, encontrou-se as funções distribuição de probabilidade que representaram a operação atual no modelo de simulação.

3.4 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS DO MODELO

A validação do modelo foi feita comparando-se os resultados de dez réplicas de simulação com os valores obtidos na validação dos processos de chegadas e saídas.

Pretendia-se testar estatisticamente os resultados encontrados com aqueles que foram observados na prática. Porém, devido a dificuldade encontrada em exportar dados do ARENA para o Microsoft Office, decidiu-se fazer a validação dos resultados do modelo por inspeção. Para esta inspeção foram escolhidos os dados referentes a chegada de comboios e saída de vagões. Desta maneira consegue-se obter um balanço de fluxos do que ocorre no interior do terminal.

4- ESTUDO DE CASO

A seguir, apresenta-se a descrição do sistema e a análise operacional do terminal utilizada na investigação dos processos de chegadas das barcas carregadas, dos vagões vazios e da saída de vagões carregados, e analisar os dados coletados estatisticamente. Com os resultados obtidos a partir desta análise, foram definidos os parâmetros para a implementação do simulador.

4.1- DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A escolha do local de estudo foi devido à colaboração e parceria da Comercial Quintella, que demonstrou interesse na realização da pesquisa e forneceu os dados necessários para o trabalho.

O terminal estudado localiza-se em Pederneiras-SP, situado às margens do Rio Tietê, na região central do Estado de São Paulo, pertencente à Hidrovia Tietê-Paraná . A figura 5 mostra um mapa de situação do terminal.

A empresa é uma das pioneiras no transporte de grãos pela hidrovia, modo pelo qual se obtém o menor custo por tonelada.kilômetro, de um modo geral, como pode se observar na figura 6. Essa opção de transporte reduz o preço de comercialização do produto. A empresa optou então por transportar todos os grãos vindos de São Simão-GO para o Porto de Santos-SP pelo maior trecho possível com conexão à rede ferroviária, visto que este modo representa a segunda alternativa mais viável economicamente para o transporte de carga a longas distâncias.

FIGURA 6- Quadro comparativo entre os custos e modos de transporte

Fonte: CESP, 1990

Segundo a CESP (1990), a entrada em operação do Entroncamento Intermodal de Pederneiras faz com que hidrovía e ferrovia integradas apresentem o melhor caminho para o término das disfunções que ocorrem no transporte de cargas, onde o caminhão substitui os meios mais econômicos. Hoje já se consegue eliminar essa distorção, pois a rodovia funcionará na ponta de embarque, levando grãos do centro-oeste até São Simão-GO, onde os mesmos serão embarcados em comboios hidroviários com capacidade de 2000 toneladas. Em Pederneiras, após navegação de 635 km, os grãos seguem pela ferrovia até o Porto de Santos. Este entroncamento surgiu quando a Comercial Quintella firmou um convênio com a CESP e FEPASA, onde ficaram definidas quais as funções para essa implantação:

Comercial Quintella- responsável pela instalação dos equipamentos de transbordo e operação do terminal.

FEPASA- construção do ramal ferroviário.

CESP- construção do píer de atracação.

Pederneiras não é o último município ao longo da hidrovia, mas ocupa uma localização estratégica no escoamento do grãos para o Porto de Santos, por ser a última cidade que possui uma ligação direta da hidrovia com a ferrovia. Como é fato comprovado que ao escoar pela ferrovia a grandes distâncias obtém-se custos menores do que no transporte rodoviário, observa-se que é compensador, do ponto de vista econômico que o transporte por caminhões participe somente no escoamento do produtor até o início da hidrovia e que o terminal seja localizado no último ponto de interligação possível entre a hidrovia e a ferrovia, minimizando assim os custos globais de transporte.

Caso o terminal fosse localizado rio acima, próximo a Piracicaba, por exemplo, o transbordo deveria ser feito para o modo rodoviário, tornando-se uma alternativa economicamente desfavorável em relação a que ocorre atualmente.

Os produtos comercializados pela Comercial Quintella utilizam os seguintes modos de transporte, com os respectivos trechos:

1-modo rodoviário da fazenda até o terminal de São Simão-GO;

2-modo hidroviário do terminal de São Simão até o terminal de Pederneiras e;

3-modo ferroviário do terminal de Pederneiras até o Porto de Santos.

4.2-DEMANDA

Mesmo existindo desde 1955, a hidrovia começou efetivamente a ter alguma expressão no quadro nacional de transportes de carga somente em 1984 quando o BNDES, acreditando que a hidrovia teria força suficiente para alterar a matriz de transportes das regiões centro, oeste e sudeste, fortemente concentrada no transporte rodoviário, aceitou e avalizou o projeto de

prioridades traçadas pela CESP, que organizou o esquema de implantação da hidrovia.

Desde aquela época, o ponto forte da hidrovia é a interligação hidrovia-ferrovia em Pederneiras, a qual apresenta fortes benefícios para o setor ferroviário, que nas atuais condições, não consegue captar a grande quantidade de soja, farelo, milho e trigo demandada. A estimativa é que essas cargas atinjam 5 milhões de toneladas no final da década de 90. O mapa de fluxos potenciais mostrados na figura 6 a seguir foi fornecido pela CESP.

FIGURA 7- Fluxos potenciais de carga para a hidrovia

Fonte: CESP, 1990

Para um dimensionamento correto do terminal é necessário que se faça uma previsão da demanda de carga do terminal e de seu horizonte de projeto.

Porém, para essa previsão de demanda torna-se necessário que se tenha uma série de dados históricos.

Como o terminal de Pederneiras foi inaugurado em 1993 e o controle de dados passou a existir em 1994, ainda não é possível calibrar um modelo de crescimento da demanda, sendo que existem apenas expectativas de crescimento, baseadas em opiniões de especialistas.

Dois produtos são processados no terminal: soja e farelo de soja peletizado, que, apesar de semelhantes, requerem processamentos parcialmente diferenciados no terminal.

O farelo de soja apresenta um problema de compactação no transporte na hidrovía fazendo necessário que homens com pontaletes e o “bobby cat” desmontem os blocos formados pelo produto. Além disso, quando o farelo é descompactado, possui uma densidade menor que a soja, ocasionando um tempo de descarga na barcaça de 24 horas, contra 12 horas, quando comparado ao outro produto.

A descarga da soja possui a vantagem de não se compactar com o transporte e de não apresentar problemas na sucção até a correia transportadora.

A classificação do tipo de carga torna-se necessária também quando tem-se a necessidade de estocagem no terminal, pois os produtos são armazenados em locais diferentes, sendo o farelo em armazém e a soja nos silos.

4.3- DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO

O terminal da Comercial Quintella opera com dois tipos de produtos: soja e farelo, na proporção de 70% e 30%, aproximadamente. O recebimento dos produtos dá-se por meio de um comboio hidroviário, composto por um

rebocador e duas chatas, com capacidade definida pela restrição de calado, de 1000 t em cada chata. Após a chegada ao terminal, ocorre a descarga da barça por meio de sugadores e correia transportadora, seguindo, no caso da soja, para um dos silos, e, no caso do farelo, para o armazém. A capacidade de armazenamento do terminal é de 12000 t de soja dividido em dois silos com capacidade de 6000 t cada um e 6000 t de farelo em um único armazém. Outro fator determinante a ser levado em consideração na análise operacional é o tempo de descarga dos produtos, sendo de 12 horas para soja e 24 para farelo.

Com isto, pode-se concluir que a operação dos produtos dentro do terminal trata de processos distintos. Porém, como os vagões podem ser carregados com um ou outro produto, e o terminal possui um único canal de atendimento de vagões, não se pode tratar o processo de forma desagregada.

O sistema estudado contém na sua operação o seguinte sistema de filas:

- 1- Fila de produtos na barça aguardando a descarga;
- 2- Fila de produtos no estoque aguardando carregamento;
- 3- Fila de vagões vazios aguardando produtos;
- 4- Fila de vagões carregados aguardando locomotiva.

FIGURA 8- Fluxograma simplificado do terminal e filas existentes.

A saída do terminal pode ser feita de duas maneiras, pelos modos ferroviário e rodoviário, sendo que o último somente é acionado quando há falha no primeiro e a unidade armazenadora está próxima ao limite da capacidade.

A chegada dos vagões ocorre em grupos, havendo um desmembramento para que o carregamento ocorra individualmente. Os vagões carregados aguardam no pátio até que se tenha tração para retirá-los do terminal com destino ao porto de Santos-SP.

4.4- COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados foram selecionados os períodos de abril a agosto dos anos de 1995 e 1996. Estes meses foram escolhidos por representarem as épocas de maiores movimentações no terminal e que correspondem ao início e término da safra de soja no país, enquanto que a escolha dos anos foi devido a disponibilidade dos dados. Devido ao tempo de processamento do produto e da disponibilidade de dados, a unidade de tempo adotada no trabalho foi o dia, sendo ainda analisadas as quantidades de soja processada e número de vagões recebidos e expedidos. As figuras 9 e 10 mostram a movimentação total de carga durante os anos de 1995 e 1996.

FIGURA 9- Movimentação de carga no terminal da Comercial Quintella em 1995.

FIGURA 10- Movimentação de carga no terminal da Comercial Quintella em 1996.

A partir da determinação dos períodos de coleta, realizou-se um balanço da movimentação de soja no terminal para os anos de 1995 e 1996. As

figuras 11 e 12 mostram, respectivamente, os gráficos de recebimentos acumulados por hidrovia e expedidos pelos modos ferroviários e rodoviários.

FIGURA 11-Balanço da movimentação de soja no terminal da Comercial Quintella nos períodos de abril a agosto de 1995.

FIGURA 12-Balanço da movimentação de soja no terminal da Comercial Quintella nos períodos de abril a agosto de 1996

Observa-se, na figura 11, que a FEPASA conseguiu atender a necessidade da Comercial Quintella nos período da safra, incluindo o período de pico, que foi verificado em maio, ocorrendo somente uma pequena utilização de caminhões em agosto de 1995, no final da safra. Nota-se também que a curva que representa o fluxo de chegadas de barcas ao terminal sofreu uma variação na inclinação mais acentuada do que o observado em 1996, que apresentou taxas mais constantes, porém maiores, de chegadas em determinados intervalos de tempo (figura 12).

Na figura 12, analisando-se a curva de expedição ferroviária, verifica-se que a mesma possui uma taxa semelhante à de chegada e com pequena variação ao longo do tempo, o que nos leva a concluir que neste ano a FEPASA também conseguiu atender a demanda solicitada com regularidade, tendo como exceção somente os períodos em que a chegada apresentou um aumento na taxa de chegada.

Algumas constatações foram obtidas com essa análise, mostraram com clareza o funcionamento do terminal:

- a) As chegadas das barcas não ocorrem de maneira determinística ou programada;
- b) A FEPASA consegue atender à demanda solicitada pela Comercial Quintella, desde que não haja aumento repentino na taxa de chegada de produtos;
- c) A chegada de vagões no terminal ocorre de maneira aleatória em função do fluxo de chegadas.

Após essa análise preliminar do terminal, coletou-se os seguintes dados para o desenvolvimento do trabalho:

1. chegada das barcaças: estes dados foram obtidos através dos diários de bordo dos comboios, nos quais consta a data de chegada do conjunto de duas chatas, o produto carregado e a quantidade transportada. Estes dados foram utilizados para a caracterização do processo de chegada das barcaças;
2. carregamento de caminhões: com os bilhetes de pesagem emitidos pela Comercial Quintella conseguiu-se obter as datas em que foi necessária a utilização de caminhões, o produto e a quantidade transportada em cada caminhão. Estes dados serviram para verificar quantos caminhões foram necessários durante a safra, ou seja, quando o sistema ferroviário não conseguiu suprir a demanda.
3. chegada de vagões vazios: nem a FEPASA, nem a Comercial Quintella possuíam os dados exatos dos instantes das chegadas de vagões vazios no terminal. Porém, observando-se a operação constatou-se que os vagões vazios eram pesados no momento da chegada. Por este motivo, os números de vagões vazios que chegaram ao terminal foram considerados a partir da data do ticket de pesagem vazio.
4. saída de vagões carregados: estes valores foram coletados a partir do controle da FEPASA. A conferência desses dados foi feita com os tickets de pesagem de vagões.

Com estes dados referentes ao modo ferroviário foram caracterizados os processos de chegadas de vagões vazios ao terminal.

A seguir serão apresentadas as análises referentes aos processos de chegadas das barcaças e vagões.

4.5- PROCESSO DE CHEGADA DE BARCAÇAS

O primeiro passo para a caracterização do processo de chegadas das barcaças foi a verificação do número de barcaças que chegam por dia ao terminal. As figuras 13 e 14 mostram os histogramas referentes às chegadas de comboios em 1995 e 96.

FIGURA 13- Histograma referente às chegadas de comboios em 1995.

FIGURA 14- Histograma referente às chegadas de comboios em 1996.

Conforme observado nas figuras 13 e 14, o número de dias em que a chegada de barcaças foi maior que 1 correspondeu a 0,65% em 1995 e 3,27% em 1996. Estes eventos foram desprezados para a simulação dada a sua baixa influência no processo.

O processo de chegadas das barcaças fica, portanto, caracterizado como uma função de distribuição de probabilidade de Bernoulli, onde somente ocorre a probabilidade de sucesso ou fracasso (0 ou 1), ou seja, na simulação durante cada dia testa-se a probabilidade de chegar ou não um comboio. Os valores são encontrados na tabela 1.

TABELA 1- Probabilidades referentes a sucessos e fracassos de chegadas de comboios ao terminal da Comercial Quintella em 1995 e 1996

Comboios /dia	1995	1996
0	0.8039	0.6732
1	0.1961	0.3268

4.6- PROCESSO DE CHEGADA DE VAGÕES

Devido a uma maior complexidade no processo de chegadas, a caracterização do modo ferroviário foi feita de maneira diferente da apresentada para o modo hidroviário. Neste caso, procurou-se encontrar as funções distribuição de probabilidade que melhor representassem o intervalo entre chegadas sucessivas de trens com vagões vazios e o número de vagões que compõe um trem.

O primeiro passo para a determinação dos parâmetros que foram utilizados no processo de chegada de vagões, foi a verificação da existência ou não de tendências sazonais durante o período em que os dados foram

coletados. As figuras a seguir mostram como ocorreram as chegadas de vagões vazios ao terminal em 1995 e 1996.

FIGURA 15 –Chegada diária de vagões vazios em 1995.

FIGURA 16 - Chegada diária de vagões vazios em 1996.

Analisando a figura 15, observa-se que a partir do dia 90, não ocorreu movimentação de carga no terminal. Por este motivo, este período de coleta foi desprezado. No período restante, constata-se uma sazonalidade nos meses correspondente a maio e junho de 1995, sendo descartada, a princípio, a hipótese do terminal operar em regime de fluxo estacionário no ano de 1995.

O ano de 1996 apresentou um processo de chegadas de grupos de vagões vazios mais estável, em torno da média. Decidiu-se então, testar estatisticamente a possibilidade de representação do fenômeno em regime de fluxo estacionário para o ano de 1996.

Foram feitos dois tipos de testes de hipótese não paramétricos com o objetivo de encontrar a função de distribuição de probabilidade para o intervalo entre chegadas sucessivas e para o número de vagões que chegaram por grupo. Os testes realizados foram o ajuste gráfico e o Kolmogorov-Smirnov (COSTA NETO, 1977).

4.6.1- Análise dos intervalos entre chegadas sucessivas

A figura 17 mostra o histograma referente aos intervalos entre chegadas sucessivas de vagões para o ano de 1996. Com as médias dos dados observados, realizou-se inicialmente o teste Kolmogorov-Smirnov. Observou-se que a hipótese sobre o intervalo entre chegadas não podia ser rejeitada para o ano de 1996. Porém decidiu-se, através do método da bissecção, encontrar uma média que, minimizasse o erro máximo encontrado no teste estatístico. A tabela 2 mostra os valores encontrados no teste Kolmogorov-Smirnov e as médias observadas e corrigidas para o ano de 1996. Observa-se que para a média corrigida, o valor encontrado no teste estatístico minimizou o erro máximo, representando melhor a realidade.

FIGURA 17- Histograma referente ao intervalo entre chegadas sucessivas de grupos de vagões (dia) vazios no pátio da Comercial Quintella em 1996.

TABELA 2- Valores obtidos no Kolmogorov-Smirnov para intervalos entre chegadas sucessivas em 1996¹.

Ano	Média observada	D(x)	Média corrigida	D(x)
1996	1,8	0,1014	1,5	0,0948

Na figura 18, onde é mostrado o ajuste gráfico para as médias teóricas acumuladas, observadas e corrigidas, observa-se que a curva de frequência teórica relativa acumulada da média corrigida adere melhor à curva de frequências observadas do que a de frequência relativa teórica acumulada da média observada.

¹ Valores críticos do teste Kolmogorv-Smirnov para o caso apresentado. 0,1962 e 0,1637.

FIGURA 18- Ajuste gráfico para o intervalo entre chegadas sucessivas de grupos de vagões vazios em 1996.

4.6.2- Análise do número de vagões por grupo

Definido o intervalo entre chegadas sucessivas de grupos de vagões, foi necessário caracterizar o número de vagões prováveis em cada grupo. O histograma a seguir apresenta estes valores agrupados em classes.

FIGURA 19- Histograma referente à chegada de grupos de vagões vazios no pátio da Comercial Quintella em 1996

A média dos dados com o número de chegadas diárias de vagões fornecia valor igual a 13, aproximadamente, para o ano de 1996. Porém, quando foram realizados os testes de aderência para verificar se os dados possuíam padrão poissoniano, com taxa média de 13 vagões por grupo, notou-se que a hipótese dos dados se ajustarem a função de distribuição de probabilidade para uma única média dos dados ao longo do tempo havia sido rejeitada.

A solução adotada foi a mesma do caso do intervalo entre chegadas sucessivas, onde a partir da utilização do método da bissecção encontrou-se uma média única para representar o modelo corretamente e maximizar a aderência. Com este método de aproximação numérica, encontrou-se a distribuição de Poisson com média igual a 20. A tabela 3 mostra os resultados obtidos nos testes de Kolmogorov-Smirnov para estas funções, lembrando que os valores críticos de significância são 0,1962 e 0,1637 para 1% e 5%,

respectivamente. Nota-se que ainda desta maneira, o ano de 1995 não pode ser rejeitado somente com o nível de significância de 5%.

TABELA 3- Valores obtidos no teste Kolmogorov-Smirnov para chegadas de grupos de vagões em 1996.

Ano	Média observada	D(x)	Média corrigida	D(x)
1996	13	0.4915	20	0.1471

Após a realização do Kolmogorov-Smirnov, fez-se o ajuste gráfico com as médias observada e corrigidas, sendo constatado que a média corrigida aderiu melhor a situação real do que a média observada. A figura 20 mostra o ajuste para o ano de 1996.

FIGURA 20- Ajuste gráfico para o número de vagões vazios por grupo de chegada em 1996.

Para verificar se esta alteração da média corrigida poderia se adequar ou não aos dados, analisou-se a dispersão da amostra em função desta média modificada e, verificou-se o intervalo de confiança que essa nova medida fornecia. Constatou-se que somente um valor estava fora do intervalo formado pela nova média mais ou menos duas vezes o desvio padrão. Portanto, constatou-se que a média dos dados observados não poderia ser representada de forma única no modelo, mas a média corrigida fornecia parâmetros que representavam a realidade. As figuras a seguir mostram os dados com as médias corrigidas e respectivos desvios.

FIGURA 21- Análise do intervalo de confiança para a chegada de grupos de vagões em 1996 com relação as médias corrigidas

4.7. PROCESSO DE SAÍDA DE VAGÕES

Logo após o carregamento dos vagões, foi observado que os mesmos não saem do terminal imediatamente, sendo portanto necessária uma caracterização desse processo.

Com os dados coletados, novamente observaram-se características distintas de operação no terminal entre os anos de 1995 e 1996. Enquanto que em 1995, a saída de vagões ocorria com um comboio formado por 24 vagões a cada 1,8 dias, em 1996 verificou-se que os grupos de saída eram, em média, de 40 vagões com um espaçamento entre saídas de 3,3 dias. As figuras 22 e 23 mostram estes processos em 1995 e 1996. Por considerar que esta mudança de 1995 para 1996 constitui uma evolução gerencial do sistema, admitiu-se, para efeito das simulações, uma política de saída de vagões em grupos fixos de 40 unidades.

FIGURA 22-Saída de vagões em 1995

FIGURA 23-Saída de vagões em 1996

Ao longo deste capítulo foram apresentados os procedimentos e de maneira desagregada, os parâmetros adotados para a implementação da simulação. A seguir serão descritas as etapas de desenvolvimento da simulação.

4.8- ETAPAS DA SIMULAÇÃO

Nesta parte do capítulo serão descritas as etapas de desenvolvimento do simulador, de acordo com WRIGHT & ASHFORD (1982) e GUALDA (1995)¹. Para a implementação da simulação optou-se pelo software ARENA, que permite ao mesmo tempo uma programação gráfica e lógica de eventos através do desenvolvimento de um modelo que represente um sistema real com a possibilidade de elaboração de vários experimentos que permitam entender o comportamento do sistema e/ou avaliar estratégias de operação.

4.8.1- Definição do problema

O primeiro passo para a elaboração do simulador foi identificar qual o problema a ser estudado. No caso deste trabalho, foi verificar a influência da aleatoriedade dos processos de chegadas em um terminal intermodal fluvial.

4.8.2- Formulação do modelo

As seguintes premissas, obtidas através de observações do funcionamento do terminal e de análises estatísticas, foram adotadas para a elaboração do simulador:

- a unidade de tempo adotada é o dia;
- definem-se duas entidades na simulação: quantidade de produto em toneladas e número de vagões e caminhões em unidades;
- adota-se a distribuição Bernoulli para representar a chegada dos comboios hidroviários;

¹ As etapas já foram apresentadas na página 17, capítulo 2.

- cada comboio hidroviário chega ao terminal com 2000 t de produto, distribuídos em uma probabilidade de 70% para soja e 30% para o farelo de soja;
- os tempos de descarga são determinísticos são iguais a 1 dia para farelo e 0.5 dia para soja;
- o intervalo entre chegadas sucessivas de vagões segue uma distribuição exponencial de média 1,5 dia;
- a quantidade de vagões que compõe um trem segue uma distribuição Poisson de média 20;
- o limite de estocagem de vagões no pátio é igual a 200;
- cada vagão vazio possui uma probabilidade de 50% de carregar soja ou farelo;
- todos os vagões são iguais com lotação de 55 t;
- todos os caminhões são iguais com lotação de 30 t;
- a saída dos vagões ocorre quando o número de vagões carregados no terminal é de 40 e há locomotiva para tirá-los do pátio;
- a utilização de caminhões só ocorre quando as unidades armazenadoras estiver com um estoque relativo a 80 % de sua capacidade e não houver vagões vazios para carregar; e
- a chegada das locomotivas que tracionam vagões cheios seguem a mesma distribuição exponencial adotada para as chegadas de grupos de vagões vazios.

Além das premissas expostas acima, algumas simplificações adicionais foram adotadas para a elaboração do simulador:

- desconsiderou-se a interrupção do funcionamento do terminal por quebra de equipamento; e

- desconsiderou-se a interrupção do funcionamento por motivos meteorológicos, pois o terminal não opera com chuva.

As rotinas do simulador encontram-se no anexo A, e o programa gerado pelo ARENA, no apêndice 1.

4.8.3- Validação do modelo

Para a validação do modelo comparou-se os valores observados no ano de 1996 com os resultados de 10 réplicas da simulação do terminal para o cenário 0 que estabelece as seguintes condições:

1. uma barcaça chega ao terminal com uma probabilidade de sucesso de 0,33.
2. Os vagões chegam com um intervalo entre chegadas sucessivas $\text{Exp}(1,5)$;
3. O tamanho do grupo de vagões segue uma função de distribuição $\text{Po}(20)$.

Os valores finais médios das dez replicações e os valores observados, para algumas medidas de desempenho, são apresentados na tabela 4.

TABELA 4- Comparação entre os valores observados em 1996 e simulados para o cenário 0.

Variáveis	observada	simulada ²	Diferença (%)
Chegada de barcas	54	53	0,02
Estoque médio no silo (t)	3707	3236	12,70
Estoque máximo no silo (t)	10284	8296	19,33
Número de vagões que chegaram	1649 ³	1853	11,01
Número de vagões que saíram	1706	1760	3,07
Número de caminhões	868	139	83,99

A tabela 4 mostra que os valores gerados pelo simulador, na média, apresentam resultados semelhantes aos observados.

² Valores médios de dez replicações

³ O número de vagões que saíram é maior do que o número de vagões que chegaram, pois havia um estoque de 57 vagões no pátio no início do período de coleta.

Por outro lado, as figuras 24 e 25, que mostram a variação, dia a dia, das simulações de chegadas de barcas e de saída de vagões em cada uma das dez replicações, nos permite avaliar a variância no entorno dos valores médios apresentados na tabela 4.

Dada a limitação do escopo da pesquisa, em nível de uma dissertação de mestrado, a limitação de dados para comparar estatisticamente os resultados e a limitação do “software” ARENA para exportar resultados para serem lidos por “softwares” de análise estatística admitiu-se, com base nos resultados apresentados na tabela 4 e na inspeção dos gráficos apresentados nas figuras 24 e 25, que a hipótese de que o modelo de simulação representa corretamente o fenômeno observado não pode ser rejeitada.

FIGURA 24- Comparação entre os valores observados acumulados e simulados acumulados para as chegadas das barcaças em 1996.

FIGURA 25- Comparação dos valores observados acumulados e simulados acumulados para saída de vagões em 1996

4.8.4- Projeto de experimentos

A tabela 5 apresenta os cenários gerados para a avaliação de condições alternativas de operação do terminal.

TABELA 5- Características dos processos simulados e tempo de simulação para cada cenário.

Cenários simulados	Chegada de comboios		Chegada de trens		Tempo de processamento min
	Número de comboios	Intervalo entre chegadas	Número de vagões	Intervalo entre chegadas	
Cena 0	1	P=0,33	Po (20)	EXP (1,5)	28,32
Cena 1	1	P=0,33	20	EXP (1,5)	31,52
Cena 2	1	P=0,33	20	1,5	32,92
Cena 3	1	2,83	Po (20)	EXP (1,5)	34,73
Cena 4	1	2,83	20	EXP (1,5)	38,8
Cena 5	1	2,83	20	1,5	36,27
Cena 6	1	1,5	Po (20)	EXP (1,5)	70,18
Cena 7	1	1,5	20	EXP (1,5)	56,28
Cena 8	1	1,5	20	1,5	53,83

Nos cenários 1 e 2, foi mantida a probabilidade de 33% de chegar uma barça, estabelecida no cenário 0. Nos cenários 3, 4 e 5, procurou-se encontrar um intervalo de tempo determinístico de chegada entre barças que representasse a chegada de 54 barças em 150 dias, ou seja, o mesmo número de ocorrências dos casos 0, 1 e 2, o que resultou no intervalo de 2,83 dias

Os cenários 6, 7 e 8, foram elaborados para simular a operação do terminal para uma condição de máxima utilização das barças existentes. O intervalo determinístico entre chegadas de comboios encontrado foi de 1,5 dia.

Este valor foi calculado tendo como base o limite de 4 rebocadores que a empresa possui e o tempo de ciclo de 6 dias.

Nos cenários 0, 3 e 6, os valores dos processos de chegadas de vagões foram aqueles que representam a realidade. Nos cenários 1, 4 e 7, fixou-se o número de vagões que chegam em um determinado grupo, deixando o intervalo entre chegadas sucessivas variando exponencialmente com média de 1,5 dia. Por último, nos cenários 2, 5 e 8, encontra-se o processo de chegada de vagões ocorrendo de forma totalmente determinística, sendo 20 vagões a cada 1,5 dia.

Com o resultado das simulações desses cenários, conseguiu-se determinar a influência da aleatoriedade dos processos de chegadas no dimensionamento do terminal.

5- ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados das simulações. As tabelas com os resultados de cada replicação de cada cenário encontram-se no anexo B, assim como os resultados comparativos podem ser vistos no anexo C. Cabe ressaltar que os resultados apresentados são as médias de dez replicações de cada cenário.

5.1- MOVIMENTAÇÃO FERROVIÁRIA

FIGURA 26-Valores máximos e médios do número de vagões no pátio (vazios + cheios).

Pode-se observar na figura 26, que nos cenários 0, 1 e 2, (a probabilidade de chegar barcaças no dia é de 33%), o número de vagões no pátio chegou a atingir a capacidade de 200 vagões, com um número médio de vagões no pátio variando de 99 a 124. Com a chegada de barcaças ocorrendo na mesma quantidade só que de maneira determinística (intervalo entre chegadas igual a 2,83 dias nos cenários 3, 4 e 5), verifica-se que o pátio também operou em algumas situações no limite de sua capacidade, porém com valores médios variando de 95 a 103. Nos cenários em que dobrou a chegada de barcaças (6, 7 e 8) observa-se que houve uma redução no número de vagões médios no pátio, variando de 24 a 50 vagões, e um valor máximo de 177 para o cenário 6.

FIGURA 27- Valores máximos e médios do número de vagões vazios no pátio.

FIGURA 28-Valores médios da simulação do número de vagões máximos e médios cheios no pátio.

Na figura 27 observa-se o número máximo e médio de vagões vazios, enquanto que na figura 28, observa-se o número máximo e médio de vagões cheios. Analisando os dados dos cenários 0 a 5, observa-se que os períodos em que o pátio operou no limite de sua capacidade foram devidos à existência de vagões vazios à espera de produto. A ocupação média nesses cenários variou de 76 a 104 unidades vazias à espera de carregamento, enquanto que os vagões cheios à espera de locomotiva variou de 17 a 21. Nos cenários 6,7 e 8, o número de vagões vazios caiu para um intervalo de variação de 11 a 30. Os valores de vagões cheios no pátio variou de 17 a 20. A figura 29 mostra que o número total de vagões que chegaram ao terminal não sofreu variações significativas.

FIGURA 29- Valores totais médios da chegada e saída de vagões.

Com estes resultados pode-se concluir que o número de vagões no pátio não sofreu influências significativas quando variou-se a forma de chegada de barcaças, mantendo a quantidade média de produto processado. A quantidade de vagões no pátio também permaneceu praticamente inalterada para a variação da chegada de vagões nesses casos (cenários 0 a 5). Como o número médio de vagões vazios no pátio é bem maior que o número de vagões cheios, concluiu-se que na maior parte do tempo a FEPASA consegue atender à demanda da Comercial Quintella, para as quantidades movimentadas atualmente, independente da forma de chegada (determinística ou estocástica). Como o número médio de vagões aguardando tração é pequeno, concluiu-se que após a formação do comboio, não ocorre problema no envio para o Porto de Santos.

Analizou-se os casos 6 a 8, e chegou-se a conclusão que a redução nos valores ocorreu porque a demanda de produto dobrou; logo, sempre havia produto a ser carregado. Isso foi verificado também pelo aumento do número máximo de vagões cheios no pátio, que atingiu valores na ordem de 50 unidades. Como será visto a seguir, esse aumento na demanda de produtos teve reflexos sobre a saída pelo modo rodoviário.

5.2- MODO RODOVIÁRIO

FIGURA 30- Número de caminhões simulados carregando soja e farelo

Na figura acima, observa-se nos cenários 6, 7 e 8, que cerca de 30 % da quantidade processada no terminal foi escoada por meio rodoviário. Com isto, deduz-se que mesmo dobrando a quantidade processada, o terminal ainda possui condições de operar, com eficiência.

Para os cenários 0 a 5, observa-se que não é vantajoso que seja fixado o número de vagões variando o intervalo de tempo. Os cenários 1 e 4, que apresentam essa condição, foram os que apresentaram maior utilização de caminhões, sendo que os cenários de intervalos entre chegadas de grupos de vagões determinísticos, 2 e 5, apresentaram os menores valores de utilização. Nota-se também que a programação determinística das barcaças, provoca uma redução no uso de caminhões maior que a programação determinística de chegada de grupos de vagões vazios.

5.3- ESTOQUE DE SOJA E FARELO

FIGURA 31- Estoque de soja simulado no terminal

Na figura 31, mostra-se o desempenho do estoque de soja nos silos do terminal. A variação do valor máximo simulado apresenta valores de 5960 t a 9625 t. Observa-se nessa figura que para uma situação determinística mantidos os parâmetros atuais, conseguiu-se, segundo o modelo, uma redução no tamanho do silo, que hoje possui uma capacidade de 12000 t, para cerca de 6000 t. Retirando a aleatoriedade do envio de vagões conseguiu-se uma redução para 7000 t.

O aproveitamento médio dos silos de soja do terminal, apresentou acréscimos nos cenários 1 e 4. Nos cenários 6, 7 e 8, o sistema não sofreu grandes variações porque operou, segundo o simulador, de forma saturada, com o aproveitamento médio de 2/3 de sua capacidade atual de 12000 t.

FIGURA 32- Estoque de farelo de soja no terminal

O desempenho do estoque de farelo de soja no armazém do terminal segue uma tendência muito semelhante a análise anterior.

A variação do valor máximo está na faixa de 2400 t a 3300 t .Observa-se na figura 32 que , para uma situação determinística mantidos os parâmetros atuais de operação, conseguiu-se, uma reduzir de 6000 t para 3300 t.

5.4- ANÁLISE GLOBAL DOS RESULTADOS

Tomando como ponto de partida o cenário 0, que foi o validado com os dados observados, podemos fazer as seguintes análises com relação aos outros cenários.

A consideração mais significativa a ser feita para o cenário 1 foi que a fixação do número de vagões, mantendo o intervalo entre chegadas Exp (1,5), representou perdas no sistema, onde verificou-se uma maior utilização de caminhões, (257 no total, representando cerca de 7% da carga processada), havendo ainda um aumento no estoque máximo de farelo. O estoque de soja máximo não apresentou uma alteração significativa enquanto que o estoque médio no silo aumentou cerca de 800 t, valor que pode ser considerado desprezível.

No cenário 2, onde as chegadas dos vagões ocorreu de maneira programada, verificou-se um aumento no número médio de vagões no pátio, decorrente do aumento do número médio de vagões vazios. Esta observação, aliada ao fato de praticamente não ter havido escoamento pelo modo rodoviário (83 caminhões que representam aproximadamente 2,5% do total de carga processada no período simulado), mostra que mesmo se o sistema de chegada das barcas não sofrer alterações e a FEPASA conseguir enviar os vagões de forma programada, já representará um ganho significativo nas operações do terminal. Neste caso, observou-se uma redução de 1300 t no estoque máximo de soja com cerca de 1000 t de redução no estoque médio.

Nos cenários 3, 4 e 5 onde as chegadas das barcas passam a ocorrer de maneira determinística, e a chegada de vagões segue os padrões observados, observou-se que o número médio de vagões no pátio ficou equivalente ao cenário

1. No cenário 4, mais uma vez verificou-se que o número de chegada dos vagões permanecendo fixos com o intervalo entre chegadas variando aleatoriamente, apresentou uma perda na eficiência do sistema, onde mesmo havendo uma redução considerável no número de caminhões utilizados, foi o que apresentou a maior utilização do modo rodoviário, quando comparado com os cenários 3 e 5. Outro desempenho negativo para o cenário 4 foi o aumento do estoque de soja no terminal, permanecendo o estoque médio no mesmo nível do cenário 1, cujos processos de chegada de vagões são similares. O estoque de farelo não sofreu alterações significativas.

No cenário 5, onde todos os processos de chegadas são determinísticos, verificou-se um ganho em todas as medidas de mérito. O número de vagões no pátio foi o menor entre os 5 cenários, porém não apresentou reduções significativas. O número de caminhões utilizados foi somente 38, ou cerca de 1 % da carga processada. O estoque máximo de soja não chegou em 6000 t, o que equivale a dizer que se houvesse sincronismo, somente um silo seria necessário para as atuais movimentações. O estoque médio caiu para cerca de 1500 t. Para o armazém, o valor encontrado para o estoque médio foi de 165 t, com um máximo de 2500 t, aproximadamente.

A análise dos 5 cenários iniciais nos parece suficiente para a determinação da influência da aleatoriedade sobre o dimensionamento do terminal. Porém, decidiu-se elaborar 3 cenários adicionais, que representam o sistema de barcaças operando de forma determinística em regime de capacidade, considerando-se o tempo de ciclo e o número de rebocadores disponíveis atualmente para fazer a viagem. Os resultados encontrados foram os seguintes: os cenários 6 e 7 apresentaram comportamento semelhante aos outros nos resultados referentes ao número de vagões vazios médios e máximos no pátio, porém apresentaram um

aumento no número máximo de vagões cheios. Novamente, verificou-se uma utilização maior de caminhões no cenário que fixa o número de vagões e considera aleatório o intervalo entre chegadas. Como o terminal operou de forma saturada, os estoques médios e máximos para os três casos não sofreram alterações significativas. Infere-se que o terminal atual consegue operar caso a demanda dos produtos dobre, sendo necessário porém um escoamento maior pelo modo rodoviário, em torno de 38 % do total da carga processada.

6- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ao se iniciar a pesquisa com o apoio da Comercial Quintella e da FEPASA, havia uma forte tendência para se aceitar a hipótese de que os problemas operacionais de estocagem no terminal eram dependentes apenas da aleatoriedade no envio de vagões por parte da FEPASA.

Ao final dos estudos, pode-se concluir, entretanto, que a FEPASA atende com sincronismo razoável a demanda solicitada pela Comercial Quintella, exceto em períodos de pico acentuados. Mesmo em períodos de pico quando a variação demandada na taxa de chegadas não ocorreu de maneira brusca, constatou-se, para os anos de 1995 e 1996, que o atendimento de vagões supriu a necessidade de escoamento de produtos.

As simulações permitem ainda concluir que a forma atual de gerenciamento do terminal pode ser melhorada, caso os agentes envolvidos na operação do terminal programem suas atividades. De acordo com os resultados simulados, esse sincronismo pode representar uma redução significativa nos custos de transporte, com uma utilização de um número menor de caminhões e uma redução expressiva na ocupação média das unidades armazenadoras

Conclui-se ainda, que o terminal, para as condições de operação atual, foi super dimensionado. Com os mesmos resultados, pode-se afirmar que a frota de barcas e as unidades armazenadoras do terminal conseguem

atender, em princípio ao dobro do fluxo de carga, desde que ocorra um aumento no fluxo de vagões enviados pela FEPASA ou uma utilização maior de caminhões. No caso de maior utilização de caminhões seria necessário haver uma unidade de carregamento separada para estes veículos.

A redução da aleatoriedade do número de vagões que chegam por grupo com a manutenção do intervalo aleatório de tempo entre chegadas, para os parâmetros operacionais atuais, representa uma perda na eficiência do sistema.

A redução da aleatoriedade do processo de chegada das barcaças possui uma influência significativa no número de vagões no pátio, permite uma redução no uso de caminhões.

Por fim, somente programações integradas entre os agentes envolvidos poderão representar ganhos para ambas as partes. A eficiência do transporte intermodal depende diretamente do sincronismo entre as partes.

Nesta dissertação não se procurou resolver o problema específico do terminal, mas sim, verificar qual a influência que as incertezas nos processos de chegadas provocam no dimensionamento do terminal. Procurou-se desenvolver uma estrutura que permita mostrar aos agentes de transportes o valor do sincronismo entre as operações de chegadas de diversos modais à interface. Do ponto de vista da Comercial Quintella, pode haver um melhor aproveitamento das unidades armazenadoras e um tempo de estoque menor, enquanto que para a FEPASA, pode ocorrer uma rotatividade maior de vagões, aumentando assim a produtividade do sistema.

Como extensão dessa pesquisa sugere-se analisar as influências das incertezas dos processos de chegadas ao longo de todo o percurso dos grãos, desde São Simão-GO até o porto de Santos-SP, e comparar estes resultados com

os encontrados neste trabalho, para verificar se as perdas de eficiência constatadas, aumentam ou se diluem dentro da cadeia produtiva. Outra sugestão é fazer o mesmo estudo de caso, levando em consideração as variações das taxas de chegadas diferenciadas no período de pico.

Como os terminais intermodais possuem operações distintas que variam de acordo com o tipo de produto, caberia analisar também outras interfaces intermodais, para que se pudesse traçar comparações entre terminais intermodais de diferentes concepções, e verificar a sensibilidade às incertezas nos processos de chegadas em cada terminal.

ANEXO A

ALGORITMOS DA SIMULAÇÃO

Rotina de chegada de produtos pelo modo hidroviário, descarga e escolha do local de armazenamento

Rotina da saída de produtos pelo modo ferroviário

Rotina auxiliar da chegada de locomotiva ao terminal

ANEXO B

RESULTADOS DAS DEZ REPLICAÇÕES

cena 0	chegadas	barcaças	pátio	pátio	vazios	vazios	silo	silo	cheios	cheios	armazém	armazém								
replicação	de barcos	descarrega	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	farelo	soja	vsoja	tremcheg	tremesai	vfarelo	cam1	cam2
1	48	48	136,78	200	114,38	182	1859,3	9620	22,394	40	17,005	500	28000	66000	1084	1584	39	500	36	0
2	49	48	108,35	200	87,86	191	5137,8	9625	20,497	40	380,82	3880	22000	74000	1199	1760	49	400	27	0
3	43	43	131,97	200	111,82	189	1329,4	6245	20,144	40	223,65	3280	32000	54000	956	1640	38	581	0	0
4	60	58	116,4	200	95,189	196	5032	9625	20,956	40	57,328	710	18000	96000	1366	1860	42	327	519	0
5	52	51	109,97	200	89,594	195	1753,4	6730	20,385	40	246,34	1935	30000	72000	1309	2040	46	545	0	0
6	60	60	67,779	200	46,787	164	7124,4	9625	20,992	75	974,02	5355	30000	90000	1307	1898	45	528	470	31
7	57	57	96,936	200	74,092	180	4322,2	9620	22,743	39	261,04	3040	28000	86000	1397	1957	47	509	225	0
8	59	59	120,95	200	98,771	199	2246,2	7350	22,185	62	699,09	4520	42000	76000	1360	2124	51	719	0	81
9	54	53	150,34	200	130,99	193	1593,4	7855	19,348	39	24,614	50	26000	80000	1325	1935	44	472	0	0
10	48	48	114,65	200	95,711	192	1965,3	6665	18,944	40	142,04	1955	30000	64000	1144	1735	42	545	0	0
médias	53	53	115	200	95	188	3236	8296	21	46	303	2523	28600	75800	1245	1853	44	513	128	11
desvio p.	6	6	23	0	23	10	2005	1461	1	13	311	1791	6328	12735	144	173	4	105	205	26

cena 1	chegadas	barcaças	pátio	pátio	vazios	vazios	silo	silo	cheios	cheios	armazém	armazém								
replicação	de barcos	descarrega	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	farelo	soja	tremcheg	vsoja	tremesai	vfarelo	cam1	cam2
1	51	49	104,73	200	84,901	180	3823,6	9615	19,83	39	366,52	3655	28000	70000	1820	1232	43	509	74	0
2	54	54	80,295	200	63,924	184	2552,8	6945	16,369	40	647,85	4300	36000	7200	2040	1309	48	649	0	0
3	44	44	112,06	200	95,397	197	3986,4	8610	16,667	40	146,87	805	26000	62000	1680	1013	37	472	0	0
4	60	60	94,732	200	74,131	199	3470,5	9625	20,6	40	674,69	4795	34000	86000	1840	1159	43	601	458	31
5	59	57	44,051	180	27,894	155	7118,1	9625	16,156	34	1485,5	4910	38000	76000	1640	978	40	622	475	30
6	57	55	117,45	200	97,431	194	3765,8	9610	20,022	39	724,33	4525	38000	70000	1960	1098	44	678	128	22
7	58	57	84,886	200	69,479	197	5726,2	9625	15,406	40	567,64	3950	24000	88000	1860	1300	43	436	342	0
8	59	57	65,773	200	48,331	194	8194,4	9625	17,442	40	1708,1	4735	30000	82000	1560	919	59	477	886	124
9	39	39	156,33	200	139,28	199	300,27	3360	17,052	40	18,427	50	26000	52000	1460	908	34	472	0	0
10	47	47	133,84	200	116,71	190	1524,5	4395	17,132	40	186,41	1470	26000	68000	1780	1236	42	446	0	0
médias	53	52	99	198	82	189	4046	8104	18	39	653	3320	30600	66120	1764	1115	43	536	236	21
desvio p.	7	7	33	6	33	14	2416	2396	2	2	556	1828	5420	23441	179	154	7	91	298	39

cena 2	chegadas	barcaças	pátio	pátio	vazios	vazios	silo	silo	cheios	cheios	armazém	armazém								
replicação	de barcos	descarrega	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	farelo	soja	vsoja	tremcheg	tremesai	vfarelo	cam1	cam2
1	52	49	123,73	200	102,6	198	1349,9	7455	21,13	39	162,63	2895	34000	62000	1127	1860	43	618	0	0
2	40	52	130,53	200	108,49	196	4987,3	9620	22,043	40	48,826	975	20000	84000	1287	1760	41	363	272	0
3	47	40	165,6	200	143,38	197	1911,1	6245	22,213	40	22,449	50	16000	62000	1095	1520	34	290	0	0
4	47	47	117,67	200	97,803	198	601,13	3650	19,866	40	397,51	4500	42000	50000	909	1820	41	759	0	8
5	58	58	86,07	200	68,203	167	3963,3	9620	17,866	40	293,39	3315	32000	82000	1325	1980	47	581	189	0
6	48	48	127,86	200	110,15	197	1823,2	5850	17,716	40	60,326	1995	26000	70000	1271	1860	43	472	0	0
7	47	47	102,93	200	83,863	174	5420,4	9620	19,073	37	596,82	3290	30000	62000	918	1520	36	545	167	0
8	55	55	109,8	200	90,119	180	2726,5	9620	19,683	39	209,23	4040	24000	84000	1373	1900	45	436	193	0
9	41	41	135,4	200	113,1	190	1254,3	4010	22,293	40	172,15	2515	26000	56000	1018	1640	37	468	0	0
10	45	45	143,4	200	122,55	190	901,84	3700	20,85	40	73,415	1010	28000	62000	1127	1800	40	509	0	0
médias	48	48	124	200	104	189	2494	6939	20	40	204	2459	27800	67400	1145	1766	41	504	82	1
desvio p.	6	6	22	0	21	11	1724	2594	2	1	182	1438	7330	12112	166	157	4	133	109	3

cena 3	chegadas	barcaças	pátio	pátio	vazios	vazios	silo	silo	cheios	cheios	armazém	armazém								
replicação	de barcos	descarrega	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	farelo	soja	tremcheg	vsoja	tremesai	vfarelo	cam1	cam2
1	54	53	74.209	200	55.926	183	4843,3	9615	18.282	40	457,78	2995	24000	82000	1777	1229	41	436	160	0
2	54	52	67.762	200	45.828	188	3682,1	9605	21.933	39	970,54	4500	34000	70000	1821	1146	43	584	14	61
3	54	53	133,71	200	114,49	192	1416,9	5700	19,223	40	134,88	1700	36000	70000	2014	1267	48	654	0	0
4	54	53	60,343	151	39,196	133	5806,3	9625	21,147	39	948,79	3115	32000	74000	1635	1090	40	545	205	0
5	54	54	117,72	200	94,231	192	2972	7550	23,494	40	100,94	1175	32000	74000	1870	1255	45	581	0	0
6	54	53	98,074	200	78,965	186	1161,2	6000	19,109	39	565,87	4510	44000	62000	1897	1127	46	749	0	11
7	54	53	154,66	200	129,87	199	4167	9625	24,79	40	438,41	4525	34000	72000	1676	944	37	555	349	115
8	54	53	129,57	200	112,63	193	1869	6215	16,939	40	78,343	1525	28000	78000	1929	1378	47	509	0	0
9	54	52	113,76	200	96,753	198	1743,4	4870	17,008	40	118,19	1985	28000	76000	2000	1326	45	509	0	0
10	54	52	82,005	200	60,647	179	3447,5	8510	21,358	40	442,05	3130	22000	80000	1907	1356	43	400	0	0
médias	54	53	103	195	83	184	3111	7732	20	40	426	2916	31400	73800	1853	1212	44	552	73	19
desvio p.	0	1	32	15	32	19	1561	1900	3	0	333	1293	6328	5770	127	135	3	101	123	39

cena 4	chegadas	barcaças	pátio	pátio	vazios	vazios	silo	silo	cheios	cheios	armazém	armazém								
replicação	de barcos	descarrega	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	farelo	soja	vsoja	tremcheg	tremesai	vfarelo	cam1	cam2
1	54	53	114,24	200	98,004	190	4186,7	9605	16,236	40	92,675	2020	26000	78000	1412	2000	47	470	11	0
2	54	53	69,252	200	53,853	197	2997,9	9350	15,398	39	636,67	2255	34000	72000	1281	1960	47	618	0	0
3	54	52	77,526	200	59,943	200	5789,9	9625	18,032	60	1161,2	5190	32000	72000	899	1520	35	520	431	113
4	54	53	74,429	200	61,251	186	5344,5	9620	12,998	40	767,84	4860	32000	74000	1102	1640	40	519	140	66
5	54	52	93,487	200	74,554	185	4971,4	8385	18,932	40	377,59	3835	26000	78000	1317	1920	44	472	0	0
6	54	53	121,11	200	101,49	196	1945,4	5430	19,619	40	28,715	610	22000	84000	1496	1960	47	400	0	0
7	54	53	57,694	140	42,279	127	3791,5	9620	15,415	39	582,96	3560	30000	76000	1289	1800	45	511	91	0
8	54	53	116,14	200	94,456	191	3655,4	9620	21,686	38	89,828	1220	22000	82000	1253	1840	41	400	121	0
9	54	53	116,79	200	98,66	192	3916,9	9625	18,135	39	312,43	3560	26000	80000	1372	1920	45	445	151	0
10	54	53	138,97	200	121,16	195	1309,6	6555	17,807	39	89,243	1450	38000	64000	1163	1940	46	690	0	0
médias	54	53	98	194	81	186	3791	8744	17	41	414	2856	28800	76000	1258	1850	44	505	95	18
desvio p.	0	0	27	19	26	21	1421	1523	2	7	371	1570	5266	5812	170	156	4	92	134	39

cena 5	chegadas	barcaças	pátio	pátio	vazios	vazios	silo	silo	cheios	cheios	armazém	armazém								
replicação	de barcos	descarrega	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	farelo	soja	vsoja	tremcheg	tremesai	vfarelo	cam1	cam2
1	54	54	87,602	160	69,192	139	1170,5	4925	18,41	39	98,254	2595	28000	78000	1406	2020	47	509	0	0
2	54	54	104,4	200	85,429	192	2127,9	7975	18,973	40	40,545	680	26000	80000	1454	2020	48	472	0	0
3	54	54	102,67	189	83,66	189	1370,7	6100	19,009	40	319,34	4515	44000	62000	1127	2020	47	792	0	13
4	54	54	93,202	200	72,282	174	1196,1	5810	20,92	40	209,24	2760	38000	68000	1236	2020	48	690	0	0
5	54	54	84,669	140	63,789	119	822,44	2005	20,879	40	135,85	2850	32000	74000	1341	2020	48	581	0	0
6	54	54	82,669	140	63,189	113	856,67	2830	19,48	40	55,273	1245	36000	70000	1272	2020	48	654	0	0
7	54	54	112,13	200	92,525	195	2360,7	6345	19,61	40	191,41	3130	28000	78000	1418	2020	48	509	0	0
8	54	54	108,6	200	87,548	183	2669,8	9620	21,143	40	187,02	3360	28000	78000	1040	1720	38	509	373	0
9	54	54	92,935	180	74,862	167	1355,6	6510	18,073	40	211,63	2205	32000	74000	1315	2020	47	581	0	0
10	54	54	85,736	160	66,366	147	859,35	4775	19,369	40	200,65	2005	44000	62000	1127	2020	48	800	0	0
médias	54	54	95	177	76	162	1479	5690	20	40	165	2535	33600	72400	1274	1990	47	610	37	1
desvio p.	0	0	11	25	11	30	668	2239	1	0	84	1085	6653	6653	140	95	3	120	118	4

cena 6	chegadas	barcaças	pátio	pátio	vazios	vazios	silo	silo	cheios	cheios	armazém	armazém								
replicação	de barcos	descarrega	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	farelo	soja	tremcheq	vsoja	tremesai	vfarelo	cam1	cam2
1	101	99	50,771	190	30,27	173	7720,3	9625	20,501	40	1925,4	4800	60000	138000	1918	1121	47	797	2224	443
2	101	100	59,732	200	36,266	183	7249,7	9625	23,465	48	1534	4590	54000	146000	2270	1343	56	927	2152	31
3	101	99	58,109	199	38,58	195	7458	9625	19,528	54	1931,2	5610	54000	142000	2226	1241	21	832	2140	273
4	101	99	42,355	121	21,744	104	8236,6	9625	20,611	79	2219,4	5670	60000	138000	2019	1163	50	856	2147	355
5	101	99	55,345	146	36,339	130	8415	9625	19,006	41	1272,5	5365	50000	148000	2162	1295	52	818	2287	135
6	101	99	48,304	190	29,059	164	8462,5	9625	19,244	62	2552,6	5870	54000	144000	2056	1184	50	827	2355	264
7	101	99	49,201	177	32,236	157	8517	9625	16,965	46	1776,7	6640	48000	150000	2172	1331	53	800	2261	132
8	101	100	45,669	177	21,003	138	8286,4	9625	24,665	58	3556,1	8520	72000	126000	2118	1196	52	922	1687	488
9	101	100	54,702	200	32,542	170	8274,9	9625	22,16	53	1377,2	5355	56000	144000	2405	1443	60	962	1834	56
10	101	100	39,546	166	17,053	141	8397,9	9625	22,492	68	2964,2	6800	64000	136000	1772	914	44	858	2537	410
médias	101	99	50	177	30	156	8102	9625	21	55	2111	5922	57200	141200	2112	1223	49	860	2162	259
desvio p.	0	1	7	26	7	27	454	0	2	12	728	1148	7068	7005	181	146	11	58	245	164

cena 7	chegadas	barcaças	pátio	pátio	vazios	vazios	silo	silo	cheios	cheios	armazém	armazém								
replicação	de barcos	descarrega	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	farelo	soja	vsoja	tremcheq	tremesai	vfarelo	cam1	cam2
1	101	100	34,155	140	20,108	108	8692,1	9625	14,047	40	2029,5	5580	58000	142000	1136	2000	50	864	2330	199
2	101	100	41,162	160	27,295	140	8821,8	9625	13,866	56	2100,9	5920	52000	146000	962	1880	45	859	2784	93
3	101	100	26,494	120	13,618	119	8414,4	9625	12,875	58	3480,5	6090	68000	130000	921	1820	45	899	2324	543
4	101	99	33,628	160	19,541	123	8619,4	9625	14,086	75	3952,1	7870	70000	126000	1002	1920	46	872	2043	734
5	101	100	35,897	200	22,547	179	8124,6	9625	13,35	76	3353,3	6935	72000	128000	1089	2140	53	1051	1950	434
6	101	100	36,006	200	22,15	143	8038,9	9625	13,856	57	2438,4	5795	62000	136000	1123	2080	52	957	2154	310
7	101	97	31,275	160	21,195	147	8769,5	9625	10,079	40	2181,6	5025	50000	144000	900	1700	40	720	2830	341
8	101	100	35,347	160	22,698	140	8873,3	9625	12,648	57	2368,5	6025	52000	144000	1072	1820	45	748	2514	347
9	101	100	32,238	160	20,196	140	8566,9	9625	12,041	38	2549,2	4525	58000	138000	1088	1960	48	854	2285	221
10	101	100	47,734	180	31,373	159	8463	9625	16,361	60	1703,1	5860	48000	152000	1233	1980	48	700	2486	315
médias	101	100	35	164	22	140	8538	9625	13	56	2616	5963	59000	138600	1053	1930	47	852	2370	354
desvio p.	0	1	6	25	5	20	283	0	2	13	731	927	8705	8540	105	131	4	108	290	183

cena 8	chegadas	barcaças	pátio	pátio	vazios	vazios	silo	silo	cheios	cheios	armazém	armazém								
replicação	de barcos	descarrega	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	médio	máximo	farelo	soja	vsoja	tremcheq	tremesai	vfarelo	cam1	cam2
1	101	101	20,135	60	8,902	40	8660,1	9625	11,233	40	2531,7	5070	62000	138000	1013	2020	50	988	2424	204
2	101	101	22,134	80	10,742	64	8855,5	9625	11,392	40	2117,8	5995	64000	136000	1007	2020	50	994	2367	277
3	101	101	21,736	60	9,2623	42	8466,6	9625	12,473	40	2861	5840	72000	128000	1018	2020	50	983	2102	471
4	101	101	19,602	60	8,979	40	8505	9625	10,622	40	2909,8	5615	70000	13000	999	2020	50	1002	2236	311
5	101	101	23,202	80	9,839	40	8395,5	9625	13,363	40	2677,6	5510	66000	134000	1074	2020	50	927	2196	410
6	101	101	26,135	100	13,472	76	8980,8	9625	12,662	40	1861,5	5225	58000	142000	1068	2020	50	933	2457	141
7	101	101	20,801	60	9,1788	40	8340,2	9625	11,623	40	2975,1	5065	66000	134000	1077	2020	50	924	2172	449
8	101	101	29,069	100	13,888	78	8961,5	9625	15,18	40	1212,4	4510	46000	154000	1225	2020	50	776	2567	11
9	101	101	21,335	80	9,5259	48	8501,8	9625	11,809	40	3765,2	6900	78000	122000	1023	2020	50	978	1891	657
10	101	101	33,068	140	19,025	117	8747,1	9625	14,042	40	2313	5960	60000	140000	1191	2020	50	810	2163	421
médias	101	101	24	82	11	59	8641	9625	12	40	2523	5569	64200	124100	1070	2020	50	932	2258	335
desvio p.	0	0	4	26	3	26	234	0	1	0	699	661	8715	39946	79	0	0	79	198	186

ANEXO C

TABELAS DOS RESULTADOS COMPARADOS

cenários simulados	pátio médio	pátio máximo	% alterada pátio médio	% alterada pátio máximo
cena 0	115	200		
cena 1	99	198	-13,91	-1,00
cena 2	124	200	7,83	0,00
cena 3	50	177	-56,52	-11,50
cena 4	35	164	-69,57	-18,00
cena 5	24	82	-79,13	-59,00
cena 6	103	195	-10,43	-2,50
cena 7	98	194	-14,78	-3,00
cena 8	95	177	-17,39	-11,50

cenários simulados	vazios médios	vazios máximos	% alterada vazios médios	% alterada vazios máx.
cena 0	95	188		
cena 1	82	189	-13,68	0,53
cena 2	104	189	9,47	0,53
cena 3	30	156	-68,42	-17,02
cena 4	22	140	-76,84	-25,53
cena 5	11	59	-88,42	-68,62
cena 6	83	184	-12,63	-2,13
cena 7	81	186	-14,74	-1,06
cena 8	76	162	-20,00	-13,83

cenários simulados	cheios médios	cheios máximos	% alterada cheios médios	% alterada cheios máx.
cena 0	21	46		
cena 1	18	39	-14,29	-15,22
cena 2	20	40	-4,76	-13,04
cena 3	21	55	0,00	19,57
cena 4	13	56	-38,10	21,74
cena 5	12	40	-42,86	-13,04
cena 6	20	40	-4,76	-13,04
cena 7	17	41	-19,05	-10,87
cena 8	20	40	-4,76	-13,04

cenários simulados	silo médios	silo máximos	% alterada silo médio	% alterada silo máximo
cena 0	3236	8296		
cena 1	4046	8104	25,03	-2,31
cena 2	2494	6939	-22,93	-16,36
cena 3	8102	9625	150,37	16,02
cena 4	8538	9625	163,84	16,02
cena 5	8641	9625	167,03	16,02
cena 6	3111	7732	-3,86	-6,80
cena 7	3791	8744	17,15	5,40
cena 8	1479	5690	-54,30	-31,41

cenários simulados	armazém médios	armazém máximos	% alterada arm. médio	% alterada arma. máx.
cena 0	303	2523		
cena 1	653	3320	115,51	31,59
cena 2	204	2459	-32,67	-2,54
cena 3	2111	5922	596,70	134,72
cena 4	2616	5963	763,37	136,35
cena 5	2523	5569	732,67	120,73
cena 6	426	2916	40,59	15,58
cena 7	414	2856	36,63	13,20
cena 8	165	2535	-45,54	0,48

cenários simulados	caminhão soja	caminhão farelo	% alterada cam. Soja	% alterada cam. Farelo
cena 0	128	11		
cena 1	236	21	84,38	90,91
cena 2	82	1	-35,94	-90,91
cena 3	2162	259	1589,06	2254,55
cena 4	2370	354	1751,56	3118,18
cena 5	2258	335	1664,06	2945,45
cena 6	73	19	-42,97	72,73
cena 7	95	18	-25,78	63,64
cena 8	37	1	-71,09	-90,91

cenários simulados	chegada de vagões	saída de vagões	% alterada cheg. vagões	% alterada saída vagões
cena 0	1853	1760		
cena 1	1766	1720	-4,70	-2,27
cena 2	1766	1640	-4,70	-6,82
cena 3	2112	1960	13,98	11,36
cena 4	1930	1880	4,16	6,82
cena 5	2020	2000	9,01	13,64
cena 6	1853	1760	0,00	0,00
cena 7	1850	1760	-0,16	0,00
cena 8	1990	1880	7,39	6,82

cenários	armazém máximos	silo máximos	% alterada armazém máximo	% alterada silo máximo
real	6000	12000		
cena 0	2523	8296	-57,95	-30,87
cena 1	3320	8104	-44,67	-32,47
cena 2	2459	6939	-59,02	-42,18
cena 3	5922	9625	-1,30	-19,79
cena 4	5963	9625	-0,62	-19,79
cena 5	5569	9625	-7,18	-19,79
cena 6	2916	7732	-51,40	-35,57
cena 7	2856	8744	-52,40	-27,13
cena 8	2535	5690	-57,75	-52,58

cenários simulados	chegada de comboios		chegada de trens	
	número	intervalo	número	intervalo
cena 0	1	p(0,33)	pois(20)	expo(1,5)
cena 1	1	p(0,33)	20	expo(1,5)
cena 2	1	p(0,33)	20	1,5
cena 3	1	1,5	pois(20)	expo(1,5)
cena 4	1	1,5	20	expo(1,5)
cena 5	1	1,5	20	1,5
cena 6	1	2,83	pois(20)	expo(1,5)
cena 7	1	2,83	20	expo(1,5)
cena 8	1	2,83	20	1,5

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÓN, F. R. C. (1994). Uma abordagem multimodal no problema da alocação de locomotivas a trens. In: VIII ANPET, Recife, 1994. Anais. P. 319-328.

BARGER H. (1951). The transportation industries 1889 to 1946: A study of output employment and productivity. *National Bureau of Economic research*, New York.

CESP (1990); Hidrovia Tietê-Paraná- Terminais hidroviários, São Paulo-SP.

COSTA NETO, P. L. O. (1977). Estatística, São Paulo, Ed. Edgar Blucher.

CHOW, G.; POIST, R. F. (1983). Measuring the quality of freight service: analysis of shipper recording practices with emphasis on railway users. *Transportation Research Record*, n.917, p.21-25.

CLEMENTS, J. A.; HOOPER, G. P (1987). Developing practical productivity measures. Seminar on: Productivity in logistics and transportation, Chartered Institute of Transport, Singapura.

CRUZ, M. M. C.; PEREIRA, A. L. (1995). O enfoque sistêmico como apoio a formalização de objetivos em terminais especializados de carga In: IX ANPET, São carlos, 1995. Anais. P. 308-317.

DEXHEIMER, L., (1997) Sistema para gerenciamento operacional em terminais intermodais de carga, Rio de Janeiro, Brasil. 140p (Tese) (Mestrado) Instituto Militar de Engenharia.

FONSECA, A. P.; PEREIRA A. L. (1994). O transporte na competitividade das exportações agrícolas: visão sistêmica na análise logística. In: VIII ANPET, Recife, 1994. Anais. P. 340-349.

FERREIRA, L.; SIGUT, J. (1993). Measuring the performance of intermodal freight terminals. *Transportation Planning and Technology*, v.17, p.269-80.

GOLDEN D.S.; WOOD C. F. (1983). TOFC terminal simulation model. *Transportation Research Record*, n.907, p.42-44.

GORDON, R. J. (1991). Productivity in the transportation sector. Working paper, Department of economics, Northwest University.

GUALDA, NICOLAU D.F. (1995). Terminais de transporte: Contribuição ao planejamento e ao dimensionamento operacional, São Paulo, 277p. Tese (livre docência) Universidade de São Paulo

HAEFNER, L. E. (1983). Institutional and regulatory impedances to efficient inland port-terminal activity. *Transportation Quarterly*, v.37, n.2, p.263-76, Apr.

HÉJJ, E.(1983) Analysis and comparison of rail and road intermodal freight terminals that employ different handling techniques. *Transportation Research Record*, n.907, p.8-13.

HOOPER, P.G. (1987). Productivity change in transport: A survey. *Transport Ver.*, vol.7 p.341-368.

JESUS, A. R. P.; VALPAÇOS, M. R. P. (1991). Simulação de um terminal rodoferroviário de combustível. In: V ANPET, Belo Horizonte, 1991. Anais. p.454-463.

KORNHOUSER, A. L.; SHAN, Y. (1983). Potential for nationwide pooling of various types of railroad cars. *Transportation Research Record*, n.917, p.14-21.

KLEINROCK L. (1975) *Queuing Systems vol.1 theory*, Toronto, John Wiley & Sons, Inc.

LARSON R. C; ODONI A. R. (1981) *Urban Operation Research*, Englewood Cliffs, N.J., Prentice-hall, Inc.

→ MARAGNO E. J.; PEREIRA A. L. (1994). Captação de cargas pela ferrovia através de pólos concentradores de carga. In: VIII ANPET, Recife, 1994. Anais. P. 319-328.

→ MARAGNO E. J.; PEREIRA A. L. (1995). Competitividade do sistema ferroviário no transporte de carga: uma visão sistêmica. In: IX ANPET, São Carlos, 1995. Anais. p. 319-328.

MARTLAND, C. D. (1992). Rail freight service productivity from the manager's perspective. *Transportation Research*, v.26a, n.6, p.457-69.

MARTLAND, C. D.; McCORD, M. (1983) Railroad car distribution performance: conceptual framework and underlying mathematical relationships. *Transportation Research Record*, n.917, p.43-49.

McCABE, L.; CARBERRY, T. (1975). Simulation methods for airport facilities. In Airport landside capacity – special report 159, Washington D.C., *Transportation Research Board, U.S. National Research Council*, p. 112-122.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (1993); Reconstruindo as artérias para o desenvolvimento, Brasília.

MORLOK, E. K. (1978) Introduction of transportation engineering e planning. McGraw- Hill, New York, USA.

MOUCHAHOIR, G. E. (1983). Regional Cargo Transportation center: definition of concept & optimal network. *Transportation Quaterly*, v.37, n.3, p.355-77, Jul.

NASCIMENTO, E. P.; (1994). Aspectos a considerar na distribuição de vagões vazios. In: IX ANPET, Brasília, 1994. Anais. P. 319-328.

NASCIMENTO, E. P.; SANTOS, N.; LEAL, J. N..(1991) Distribuição de vagões vazios. In: V ANPET, Belo Horizonte, 1991. Anais. p. 430-438

NEWELL G. F., (1982), Applications of queueing theory, Cambridge, Eng. 2. Ed, Chapman and Hall.

NOVAES A. G. (1975), Pesquisa operacional e transportes: modelos probabilísticos. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo.

OUM, T. H.; TRETHERWAY, M. W.; WATERS, II, W.G. (1992). Concepts, methods and purposes of productivity measurement in transportation. *Transportation Research*, v.26a, n.6, p.493-505.

RADZIKOWSKI, P. (1983). Rail and water terminal interface. *Transportation Research Record*, n.907, p.4-7.

→ SINAY, M. C. F.; TORACCA, N.A.(1996). Ferramenta para o gerenciamento do transporte ferroviário de cargas. In: X ANPET, Brasília, 1996. Anais. P. 385-393

SETTI, J. R. A., (1990) Passenger terminal simulation model, Waterloo, Canada. 180p (Tese) (Doutorado) University of Waterloo.

SMITH, D. P. (1983). Incorporation of operational decision making in intermodal terminal simulation models. *Transportation Research Record*, n.907, p.37-41.

TUBINO, D.F. (1996) Técnicas de apoio ao jit para o transporte de carga. In: X ANPET, Brasília, 1996. Anais. P. 321-330.

WIDMER, J. A., (1989) Contribuição à análise de problemas de filas e estoques nos transportes, São carlos, Brasil. 94p (Tese) (Livre-Docência) Universidade de São Paulo.

WONG, P. J.; GRANT, A. R.; CURLEY, R. G. (1983). TANDEM: Marine and rail container terminal simulation model. *Transportation Research Record*, n.907, p.27-30.

WRIGHT, P. H.; ASHFORD, N. (1982). Transportation engineering planning and design. New York, 1982.

APÊNDICE 1

LISTAGEM DO PROGRAMA

PROJECT, Mestrado 98,Sergio Chiste,23/01/98;

ATTRIBUTES: tempo:
QueueTime:
produto;

STATICS: vagao:
locomotiva:
descarga;

STORAGES: cheio_S1:
armazem_S1:
silo_S1;

VARIABLES: estsoja,10:
estfare,10;

QUEUES: vazios:
vazios1_q, FIFO:
fila barcaca, FIFO:
Match 10 Q1:
Match 10 Q2:
Match 9 Q1:
Match 9 Q2:
cheios1_q, FIFO:
cheios2_q, FIFO:
cheios:
fluxo1, FIFO:
estoque1:
fluxo2, FIFO:
estoque2:
fluxo3, FIFO:
fluxo4, FIFO;

PICTURES: Default;

RESOURCES: descarga_r, Capacity(1,), -, Stationary;

STATIONS: cheio:
armazem:
barcaca:
silo;

COUNTERS: farelo:
quantsoja,, Yes, "sojrod96c.dat":
soja:
tremcheg,, Yes, "chegtr96c.dat":
vsoja,, Yes, "vsoja96c.dat":
barco1,, Yes, "barco196c.dat":
barco2,, Yes, "barco296c.dat":
tremesai,, Yes, "saifer96c.dat":
barco,, Yes, "barco96c.dat":
vfarelo,, Yes, "vfar96c.dat":
quantcaminhao1,, Yes, "sairo196c.dat":
quantcaminhao2,, Yes, "sairo296c.dat":
quantfarelo,, Yes, "farrod96c.dat";

```

TALLIES:      fila barcaca Queue Time;

DSTATS:      NQ(cheios1_q)+nq(cheios2_q)+nq(vazios1_q)+nq (match 10
q2)+nq(match 9 q1),# in patio,"patio96c.dat":
              nq(match 10 q2)+nq(vazios1_q)+nq(match 9 q1),#
vazios,"vazios96c.dat":
              nq(match 9 q2)*55+nq(fluxo1)+nq(fluxo2),# in
silo,"estsoj96c.dat":
              NQ(cheios1_q)+nq(cheios2_q),# cheios,"cheios96c.dat":
              nq(match 10 q1)*55+nq(fluxo3)+nq(fluxo4),# in
armazem,"estfar96c.dat":
              NQ(fila barcaca),# in fila barcaca,"chata96c.dat":
              MR(descarga_r),descarga_r Available:
              NR(descarga_r),descarga_r Busy;

REPLICATE,    10,0,150,Yes,Yes;

```



```

;
;
;   Model statements for module:  Create 3
;

66$      CREATE,      pois(20):expo(1.5);
73$      TRACE,       -1,"-Entity Created\n";
70$      ASSIGN:      Picture=Default:NEXT(4$);

;
;
;   Model statements for module:  Choose 7
;
4$        TRACE,      -1,"-Choosing from 2 options\n";
74$        BRANCH,    1:
                If,
                (nq(vazios1_q) + nq(match 10 q2)+nq(match 9 q1)+nq
(cheios1_q)+ nq(cheios2_q))<200 .and. estsoja<>0 .and. estfare<>0,
                55$,Yes:
                Else,5$,Yes;

;
;
;   Model statements for module:  Count 22
;
55$        TRACE,      -1,"-Updating counter tremcheg \n";
75$        COUNT:     tremcheg,1:NEXT(10$);

;
;
;   Model statements for module:  Wait 4
;
10$        QUEUE,     vazios1_q;
77$        WAIT:      vagao,1;
79$        DELAY:     0.000:NEXT(25$);

;
;
;   Model statements for module:  Chance 1
;
25$        TRACE,      -1,"-Choosing from 2 options\n";
80$        BRANCH,    1:
                With,0.5,56$,Yes:
                Else,57$,Yes;

;
;
;   Model statements for module:  Choose 16
;
56$        TRACE,      -1,"-Choosing from 2 options\n";
81$        BRANCH,    1:
                If,estfare>=55,Match 10 L2,Yes:
                Else,Match 9 L1,Yes;

;
;
;

```

```

;      Model statements for module:  Match 10
;
;      MATCH, :      Match 10 L1,82$:
;                   Match 10 L2,88$;
82$      TRACE,      -1,"-Sending match to 22$\n":NEXT(22$);
88$      DISPOSE;

Match 10 L1  QUEUE,      Match 10 Q1:DETACH;
Match 10 L2  QUEUE,      Match 10 Q2:DETACH;

;
;
;      Model statements for module:  Count 15
;
22$      TRACE,      -1,"-Updating counter vfarelo \n":;
92$      COUNT:      vfarelo,1:NEXT(34$);

;
;
;      Model statements for module:  Leave 1
;
34$      DELAY:      0.00;
105$     DELAY:      0.;
131$     TRACE,      -1,"-Transferred to station cheio\n":;
107$     ROUTE:      0.,cheio;

;
;
;      Model statements for module:  Match 9
;
;      MATCH, :      Match 9 L1,145$:
;                   Match 9 L2,151$;
145$     TRACE,      -1,"-Sending match to 12$\n":NEXT(12$);
151$     DISPOSE;

Match 9 L1  QUEUE,      Match 9 Q1:DETACH;
Match 9 L2  QUEUE,      Match 9 Q2:DETACH;

;
;
;      Model statements for module:  Count 10
;
12$      TRACE,      -1,"-Updating counter vsoja \n":;
155$     COUNT:      vsoja,1:NEXT(35$);

;
;
;      Model statements for module:  Leave 2
;
35$      DELAY:      0.00;
168$     DELAY:      0.;
194$     TRACE,      -1,"-Transferred to station cheio\n":;
170$     ROUTE:      0.,cheio;

```

```

;
;
;   Model statements for module:  Choose 17
;
57$      TRACE,          -1, "-Choosing from 2 options\n";
208$     BRANCH,         1:
                        If, estsoja>=55, Match 9 L1, Yes:
                        Else, Match 10 L2, Yes;

;
;
;   Model statements for module:  Dispose 1
;
5$       TRACE,          -1, "-Disposing entity\n";
209$     DISPOSE;

;
;
;   Model statements for module:  Create 8
;

210$     CREATE,         1:expo(1.5);
217$     TRACE,          -1, "-Entity Created\n";
214$     ASSIGN:         Picture=Default:NEXT(28$);

;
;
;   Model statements for module:  Signal 11
;
28$      TRACE,          -1, "-Sending signal locomotiva\n";
218$     SIGNAL:         locomotiva,40:NEXT(29$);

;
;
;   Model statements for module:  Dispose 19
;
29$      TRACE,          -1, "-Disposing entity\n";
219$     DISPOSE;

;
;
;   Model statements for module:  Enter 1
;

36$      STATION,        cheio;
241$     TRACE,          -1, "-Arrived to station cheio\n";
221$     STORE:          cheio_S1;
220$     DELAY:          0.;
235$     UNSTORE;
240$     DELAY:          0.000:NEXT(30$);

```



```

;
;
;   Model statements for module:  Wait 12
;
30$      QUEUE,      cheios1_q;
249$     WAIT:      locomotiva,40;
251$     DELAY:      0.000:NEXT(32$);

;
;
;   Model statements for module:  Batch 7
;
32$      QUEUE,      cheios2_q;
253$     COMBINE:    40,Last;
257$     TRACE,      -1,"-Formed a permanent batch of size 40\n";
254$     DELAY:      0.000:NEXT(27$);

;
;
;   Model statements for module:  Count 19
;
27$      TRACE,      -1,"-Updating counter tremsai \n";
265$     COUNT:      tremsai,1:NEXT(26$);

;
;
;   Model statements for module:  Dispose 20
;
26$      TRACE,      -1,"-Disposing entity\n";
267$     DISPOSE;

;
;
;   Model statements for module:  Arrive 1
;

307$     CREATE,      1:1;

268$     STATION,     barcaca;
316$     TRACE,      -1,"-Arrived to system at station barcaca\n";
271$     ASSIGN:      Picture=Default;
292$     DELAY:      0.;
320$     TRACE,      -1,"-Transferred to next module\n":NEXT(44$);

;
;
;   Model statements for module:  Chance 2
;
44$      TRACE,      -1,"-Choosing from 2 options\n";
347$     BRANCH,      1:
                        With,.33,65$,Yes:
                        Else,45$,Yes;

```

```

;
;
;   Model statements for module:   Count 23
;
65$           TRACE,           -1, "-Updating counter barco \n";
348$          COUNT:           barco,1:NEXT(52$);

;
;
;   Model statements for module:   Assign 3
;
52$           TRACE,           -1, "-Making assignments\n";
350$          ASSIGN:          produto=disc(0.7,1,1.0,2):NEXT(60$);

;
;
;   Model statements for module:   Wait 14
;
60$           QUEUE,           fila barcaca:MARK(QueueTime);
351$          WAIT:           descarga,1;
352$          TALLY:          fila barcaca Queue Time,INT(QueueTime),1:NEXT(64$);

;
;
;   Model statements for module:   Choose 23
;
64$           TRACE,           -1, "-Choosing from 2 options\n";
354$          BRANCH,          1:
                                If,produto==1,48$,Yes:
                                Else,49$,Yes;

;
;
;   Model statements for module:   Count 20
;
48$           TRACE,           -1, "-Updating counter barcol \n";
355$          COUNT:          barcol,1:NEXT(37$);

;
;
;   Model statements for module:   Assign 1
;
37$           TRACE,           -1, "-Making assignments\n";
357$          ASSIGN:          tempo=0.5:NEXT(39$);

```

```

;
;
;   Model statements for module:  Process 1
;
39$      TRACE,          -1, "-Waiting for resource descarga_r\n";
358$     SEIZE,           1:
                        descarga_r,1;
444$     BRANCH,         1:
                        If,RTYP(descarga_r).eq.2,445$,Yes:
                        If,RTYP(descarga_r).eq.1,454$,Yes;
445$     MOVE:           ,m;
454$     DELAY:          0.0;
                        TRACE,
                        -1, "-Delay for processing time tempo\n";
370$     DELAY:          tempo;
377$     RELEASE:        descarga_r,1;
421$     DELAY:          0.000;
431$     DELAY:          0.0:NEXT(46$);

```

```

;
;
;   Model statements for module:  Duplicate 8
;
46$      TRACE,          -1, "-Duplicating entities\n";
455$     DUPLICATE:      1999,42$:NEXT(42$);

```

```

;
;
;   Model statements for module:  Choose 10
;
42$      TRACE,          -1, "-Choosing from 2 options\n";
456$     BRANCH,         1:
                        If,produto==1,47$,Yes:
                        Else,43$,Yes;

```

```

;
;
;   Model statements for module:  Leave 3
;
47$      DELAY:          0.00;
483$     ASSIGN:         M=barcaca;
468$     DELAY:          0.;
494$     TRACE,          -1, "-Transferred to station silo\n";
470$     ROUTE:          0.,silo;

```

```

;
;
;   Model statements for module:  Leave 4
;
43$      DELAY:          0.00;
534$     ASSIGN:         M=barcaca;
519$     DELAY:          0.;
545$     TRACE,          -1, "-Transferred to station armazem\n";
521$     ROUTE:          0.0005,armazem;

```



```

;
;
;   Model statements for module:  Count 21
;
49$      TRACE,          -1,"-Updating counter barco2 \n";
559$     COUNT:          barco2,1:NEXT(38$);

;
;
;   Model statements for module:  Assign 2
;
38$      TRACE,          -1,"-Making assignments\n";
561$     ASSIGN:         tempo=1:NEXT(39$);

;
;
;   Model statements for module:  Dispose 21
;
45$      TRACE,          -1,"-Disposing entity\n";
562$     DISPOSE;

;
;
;   Model statements for module:  Enter 2
;

50$      STATION,        armazem;
584$     TRACE,          -1,"-Arrived to station armazem\n";
564$     STORE:          armazen_S1;
563$     DELAY:          0.;
578$     UNSTORE;
583$     DELAY:          0.000:NEXT(23$);

;
;
;   Model statements for module:  Count 16
;
23$      TRACE,          -1,"-Updating counter farelo \n";
592$     COUNT:          farelo,1:NEXT(54$);

;
;
;   Model statements for module:  Assign 6
;
54$      TRACE,          -1,"-Making assignments\n";
594$     ASSIGN:         estfare=nq(match 10
q1)*55+nq(fluxo3)+nq(fluxo4):NEXT(62$);

```

```

;
;
;   Model statements for module:   Choose 22
;
62$          TRACE,          -1,"-Choosing from 2 options\n";
595$         BRANCH,          1:
                                   If,estfare<4000,63$,Yes:
                                   Else,14$,Yes;

;
;
;   Model statements for module:   Signal 14
;
63$          TRACE,          -1,"-Sending signal descarga\n";
596$         SIGNAL:          descarga:NEXT(14$);

;
;
;   Model statements for module:   Choose 9
;
14$          TRACE,          -1,"-Choosing from 2 options\n";
597$         BRANCH,          1:
                                   If,estfare>=4500 .and. (nq(vazios1_q)+nq(match 10
q2))==0,15$,Yes:
                                   Else,17$,Yes;

;
;
;   Model statements for module:   Batch 5
;
15$          QUEUE,          fluxo4;
599$         COMBINE:         30,Last;
603$         TRACE,          -1,"-Formed a permanent batch of size 30\n";
600$         DELAY:           0.000:NEXT(19$);

;
;
;   Model statements for module:   Count 18
;
19$          TRACE,          -1,"-Updating counter quantcaminhao2 \n";
611$         COUNT:          quantcaminhao2,1:NEXT(20$);

;
;
;   Model statements for module:   Count 17
;
20$          TRACE,          -1,"-Updating counter quantfarelo \n";
613$         COUNT:          quantfarelo,30:NEXT(24$);

;
;
;   Model statements for module:   Dispose 18
;
24$          TRACE,          -1,"-Disposing entity\n";
615$         DISPOSE;

```

```

;
;
;   Model statements for module:  Batch 6
;
17$      QUEUE,      fluxo3;
617$     COMBINE:    55,Last;
621$     TRACE,      -1,"-Formed a permanent batch of size 55\n";
618$     DELAY:      0.000:NEXT(21$);

;
;
;   Model statements for module:  Signal 10
;
21$      TRACE,      -1,"-Sending signal vagao\n";
629$     SIGNAL:     vagao,1:NEXT(Match 10 L1);

;
;
;   Model statements for module:  Enter 3
;
51$      STATION,    silo;
651$     TRACE,      -1,"-Arrived to station silo\n";
631$     STORE:      silo_S1;
630$     DELAY:      0.;
645$     UNSTORE;
650$     DELAY:      0.000:NEXT(13$);

;
;
;   Model statements for module:  Count 11
;
13$      TRACE,      -1,"-Updating counter soja \n";
659$     COUNT:      soja,1:NEXT(53$);

;
;
;   Model statements for module:  Assign 4
;
53$      TRACE,      -1,"-Making assignments\n";
661$     ASSIGN:     estsoja=nq(match 9
q2)*55+nq(fluxo1)+nq(fluxo2):NEXT(58$);

;
;
;   Model statements for module:  Choose 21
;
58$      TRACE,      -1,"-Choosing from 2 options\n";
662$     BRANCH,     1:
                        If,estsoja<=10000,59$,Yes:
                        Else,escolha2,Yes;

```



```

;
;
;   Model statements for module:   Signal 13
;
59$          TRACE,          -1, "-Sending signal descarga\n";
663$          SIGNAL:         descarga:NEXT(escolha2);

;
;
;   Model statements for module:   Choose 4
;
escolha2      TRACE,          -1, "-Choosing from 2 options\n";
664$          BRANCH,         1:
                                     If,estsoja>=9600 .and.  (nq(vazios1_q)+nq(match 9
q1))=0,0$,Yes:
                                     Else,2$,Yes;

;
;
;   Model statements for module:   Batch 2
;
0$            QUEUE,          fluxo2;
666$          COMBINE:        30,Last;
670$          TRACE,          -1, "-Formed a permanent batch of size 30\n";
667$          DELAY:          0.000:NEXT(6$);

;
;
;   Model statements for module:   Count 3
;
6$            TRACE,          -1, "-Updating counter quantcaminhaol \n";
678$          COUNT:          quantcaminhaol,1:NEXT(7$);

;
;
;   Model statements for module:   Count 4
;
7$            TRACE,          -1, "-Updating counter quantsoja \n";
680$          COUNT:          quantsoja,30:NEXT(8$);

;
;
;   Model statements for module:   Dispose 4
;
8$            TRACE,          -1, "-Disposing entity\n";
682$          DISPOSE;

;
;
;   Model statements for module:   Batch 4
;
2$            QUEUE,          fluxo1;
684$          COMBINE:        55,Last;
688$          TRACE,          -1, "-Formed a permanent batch of size 55\n";
685$          DELAY:          0.000:NEXT(9$);

```

;

;

; Model statements for module: Signal 6

;

9\$ TRACE, -1,"-Sending signal vagao\n";
696\$ SIGNAL: vagao,1:NEXT(Match 9 L2);